

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2016





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№7 (49) 2016  
Часть 4  
Июль**

Подписано в печать 18.07.2016.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26146  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам ЛП заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217**.

**Члены редколлегии:**

**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

**Педагогические науки:** Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

**Психологические науки:** Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свиштунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

**Медицинские науки:** Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

**Юридические науки:** Грудцына Л.Ю., д-р юрид. наук, проф., Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Камышанский В.П., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

**Фармацевтические науки:** Тринева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОРОШКОВЫХ СИСТЕМАХ Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (WO <sub>3</sub> ; MoO <sub>3</sub> ; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; NiO) – Al ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ.....	6
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ТУГОПЛАВКИХ НАНОФАЗ ZrO <sub>2</sub> С ПАВ РАСПЛАВОВ Ni – ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	9
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС .....	14
ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В СТОЧНЫХ ВОДАХ ....	18
УЧЁТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАКТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ МЕТОДОМ ОТРЫВА СО СКАЛЫВАНИЕМ.....	22
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ГИДРАТОВ МЕТАНА, ЭТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ В УСТАНОВКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА .....	24
БЛОК ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО ОПТИЧЕСКОГО НЕИНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА.....	30
СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АТОМНО – ЭМИССИОННОГО АНАЛИЗА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.....	34
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ .....	37
МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА БРЕНДОНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ .....	40
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПО РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ .....	43
АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ЛОЖНОЙ ТРЕВОГИ ПРИ УРОВНЕВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ.....	48
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ В ПРОЦЕССАХ БИЗНЕС-ИНТЕГРАЦИЙ.....	52
НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ВОЛОС ШКУРОК КРОЛИКА МЕХОВОГО, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ .....	54
РАЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ПО УСЛОВИЯМ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.....	59
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АНОДОВ СОДЕРБЕРГА.....	62
ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ .....	65
РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ ЗА ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ.....	69
ВОЗДЕЙСТВИЕ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	72
ЭКОНОМИЧНЫЙ БЕЗБАЛАНСИРНЫЙ ПРИВОД ШТАНГОВОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА.....	77

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS

РАЗВИТИЕ ФАКТОРИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СРЕДАХ.....	80
СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ .....	83
THE NAVIER – STOKES EQUATIONS. FROM THEORY FORWARD TO SOLUTION OF PRACTICAL PROBLEMS.....	86
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ОКОННЫМ СПЕКТРАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	89
РАЗРАБОТКА АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ КОНЕЧНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ .....	92
АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИИ, ОСРЕДНЕННОЙ ПО ТОНКОМУ СЛОЮ .....	94
ТЕОРИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ И КРИТЕРИИ ХАОСА.....	98



ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ .....	101
<b><u>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY</u></b>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ .....	104
СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА .....	107
<b><u>ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY</u></b>	
УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	111
ОСОБЕННОСТИ БОКСИТОНОСНЫХ ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВОВ РАЙОНА САНГАРЕДИ (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА).....	114
ФАКТОРЫ, БЛАГОПРИЯТСТВОВАВШИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ КРУПНООБЪЕМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА .....	135
СИНТЕЗ МАГНИЙ-ЦИРКОНИЕВЫХ ЛИГАТУР .....	138
ЗОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ФЛЮИДОПРОНИЦАЕМОСТИ КАК ФАКТОР ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН АГКМ.....	142
<b><u>НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH</u></b>	
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ .....	146
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ МИГРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД .....	150
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТОВ НА ШИРИНУ ВОДООХРАННЫХ ЗОН .....	154
ИЗУЧЕНИЕ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	157
МЕТРОПОЛИТЕН КАК ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ШУМА .....	159
ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО БИТУМА.....	163
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ РЕКРЕАЦИОННЫХ ВОДОЕМОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ САПРОБНОСТИ.....	168
<b><u>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES</u></b>	
КАРИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ У КОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ФУНКЦИЙ.....	173
ПРЕБРИДИНГ ЯБЛОНИ НА ЮГЕ РОССИИ .....	176
ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ И ВЕЛИЧИНЫ СЕМЕННЫХ КЛУБНЕЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМНОЖЕНИЯ НОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ.....	181
ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ЛИНИЙ .....	184
НЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД ДО ПЕРВОГО ОТЕЛА У КОРОВ БУРОЙ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА.....	187
ВЛИЯНИЕ ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ В СОЧЕТАНИИ С МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКОЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА И МОЛОЗИВА КОРОВ .....	191

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.036

Абузин Ю.А.<sup>1</sup>, Карашаев М.М.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7403-9563, кандидат технических наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-4781-2714, аспирант,

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОРОШКОВЫХ СИСТЕМАХ Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (WO<sub>3</sub>; MoO<sub>3</sub>; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; NiO) – Al ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ****Аннотация**

*В статье рассмотрены алюмотермические реакции в порошковых системах Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (WO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO) – Al после механической активации для получения композиционных материалов на основе твёрдого раствора ниобия с армированием частицами Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Исследование выявило наличие необходимых и достаточных условий для реализации двойной стехиометрической кислородообменной реакции в режиме испарения части её продуктов. Исследованные реакции параллельно формируют частицы оксида алюминия, ниобиевой матрицы и легирующего элемента, образующего с ниобием твердый раствор, образуя композиционные порошки с объёмной долей армирующей фазы на уровне 64 – 72%.*

**Ключевые слова:** алюмотермия, механическая активация, испарение, композиционные материалы.

Abuzin Yu.A.<sup>1</sup>, Karashaev M.M.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7403-9563, PhD in Engineering,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-4781-2714, postgraduate student,

National University of Science and Technology “MISIS”

**INVESTIGATION OF ALUMINOTHERMIC REACTIONS IN POWDER SYSTEMS Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (WO<sub>3</sub>; MoO<sub>3</sub>; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; NiO) - Al AFTER MECHANICAL ACTIVATION****Abstract**

*The article describes the aluminothermic reaction in powder systems Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (WO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO) - Al after mechanical activation for the production of composite materials based on niobium solid solution reinforced by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles. The study revealed the presence of the necessary and sufficient conditions for the realization of the double stoichiometric oxygen-exchange reaction in the mode of the evaporation of part of its products. The investigated reactions in parallel form aluminum oxide particles, niobium matrix and an alloying element forming a solid solution with Nb to form composite powders with volume fraction of the reinforcing phase at 64 - 72%.*

**Keywords:** aluminothermy, mechanical activation, evaporation, composite materials.

**В** настоящее время идёт активная разработка новых видов высокотемпературных материалов на смену современным никелевым «суперсплавам».[1]

Одним из актуальных направлений на этом пути является создание материалов, в том числе композиционных, на основе ниобия. Основным методом получения таких материалов является метод механохимического низкотемпературного синтеза, включающий шихтовку исходных элементарных порошков, механическую активацию зашихтованной смеси до формирования соединений, отвечающих конечному составу композитов и монолитизацию конечной смеси методами термо-деформационного воздействия для получения заготовки композиционного материала с плотностью, близкой к теоретической. [2-3]

В процессе механической активации (МА) в обрабатываемых материалах в результате бездиффузионного массопереноса, обусловленного совместной общей и локальной деформацией, происходят изменения на микро- и макроуровне, растёт площадь поверхности межфазного контакта, происходит общее измельчение компонентов, образуется значительное количество дефектов кристаллической структуры, облегчается инициация возможных химических реакций [4 - 6]. Параллельно, процесс МА наполняет смеси неравновесными дефектами, создает в них значительные внутренние напряжения, способствует повышению скорости горения смеси в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, накапливает дополнительную внутреннюю энергию. Многие исследователи связывают эффективность применения механической активации с общим количеством аккумулированной обрабатываемым материалом энергии. Общий уровень накопленной избыточной энергии сопоставляют с относительным уширением пиков рентгеновской дифракции, фиксируют и обсчитывают по характерным изменениям в периодах кристаллической решетки и других параметрах, отражающих изменения микроструктуры. ДТА и ДСК анализы позволяют зафиксировать факты выделения или потребления энергии, а также оценить величину этой энергии в процессе нагрева образцов, определяют повышение температуры и скорости протекания реакции после механоактивационной обработки исходных компонентов. [7 - 10].

Для целей настоящего исследования наиболее близко подходят данные работы [11], в которой введено обобщенное понятие активности системы. Активность – интегральная характеристика системы (материала или смеси материалов), отражающая общий уровень накопленной внутренней энергии и способность к ее выделению с определенной скоростью при определенных условиях. Активность системы пропорциональна уровню избыточной энергии, скорости и ‘‘легкости’’ ее выделения. Таким образом, введенное понятие описывает и энергоёмкость системы, и потенциальную мощность выделения накопленной в системе энергии. В качестве критерия активности системы было предложено использовать скорость самораспространения волны выделения энергии в одномерно организованном процессе самораспространяющегося выделения энергии (ПСВЭ). В общем виде, ПСВЭ наблюдается тогда, когда энергии, выделившейся в части объема материала, достаточно для инициации аналогичного выделения энергии в соседнем, большем (как минимум, не меньшем) объеме материала, с учетом сопутствующих потерь. При

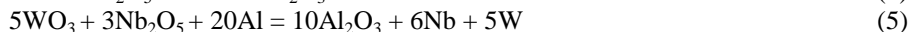
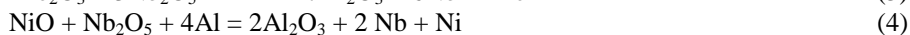
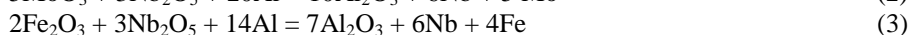
таким развитии событий, скорость распространения фронта выделения энергии пропорциональна количеству энергии, выделяемой системой, скорости выделения энергии и “легкости” инициации процесса выделения энергии в соседних областях, что полностью соответствует введенному понятию активности системы. Для оценки активности композиционных гранул их помещают в прямолинейный жёлоб, выравнивают по высоте засыпки и инициируют развитие кислородообменных реакций электроразогреваемой спиралью с торца жёлоба. При возникновении фронта распространения реакции, его скорость стабилизируется. Значение скорости распространения фронта определяют на стабильном этапе путём замера времени прохождения участков известной длины [11].

Предварительные эксперименты по формированию порошков, имеющих состав композиционных материалов на основе твёрдого раствора ниобия с армированием оксидом алюминия, показали перспективность объединения алюмотермического процесса с механической активацией исходных материалов для существенного повышения энергетического баланса кислородообменных реакций за счёт их значительного ускорения и, соответственно, снижения потерь на диссипацию энергии в окружающую среду.

Целью исследований настоящей работы является получение данных об условиях реализации и закономерностях протекания двойных высокоэнергетических алюмотермических реакций взаимодействия алюминия с пентаоксидом ниобия и оксидами металлов, образующими с ниобием твердый раствор при механической активации исходных порошков.

В ходе работ использовали планетарную мельницу “Retsch PM 400”, весы аналитические, необходимую оснастку и вспомогательный инструмент. Исходные смеси порошков подвергали механоактивационным процессам в планетарной мельнице с различной степенью активации, определяемой временем обработки (при скорости вращения мельницы 200 об/мин). Обработку проводили в атмосфере технического аргона. Для шихтовки исходных смесей использовали промышленно производимые порошки алюминия и оксидов ниобия, молибдена, вольфрама, железа и никеля.

Для исследования закономерностей протекания высокоэнергетических реакций в состоянии после механоактивации, были зашихтованы и исследованы смеси различного состава. Расчет соотношений исходных компонентов базовых реакций был основан на соотношении молярных масс исходных компонентов в соответствии со стехиометрией их кислородообменных реакций. Двойная реакция представляла сумму двух базовых кислородообменных реакций - базовой реакции формирования матрицы (взаимодействие алюминия с пентаоксидом ниобия) и базовой реакции формирования легирующего элемента (взаимодействие алюминия с оксидом металла, образующего с ниобием твердый раствор). Базовая реакция (1) и суммарные реакции (2 – 5) представлены ниже:



В ходе механоактивационного процесса на начальной стадии происходит образование композиционных гранул состава исходной смеси. Далее, основное время механической активации расходуется на обработку композиционных гранул с измельчением оксидных частиц и формированием однородного распределения оксидной фазы в объёме алюминия.

В зависимости от времени механоактивации и химического состава исходных смесей, развитие реакций имело три принципиально различающихся режима. В ходе проведения экспериментов был зафиксирован режим отсутствия активности, а также «активный» и «гиперактивный» режим протекания алюмотермических реакций.

В режиме отсутствия активности, инициация реакции электроразогреваемой спиралью в торце прямолинейного жёлоба, заполненного композиционными гранулами, не приводила ни к какому результату.

В «активном» режиме, аналогичном процессу самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, наблюдали формирование фронта распространения реакции, движущегося вдоль жёлоба с постоянной скоростью. С увеличением времени обработки скорость фронта закономерно повышалась.

В «гиперактивном» режиме, после критического времени обработки, наблюдали испарение части продуктов реакции, приводящее к уносу продуктов реакции из жёлоба вверх. Переход в «гиперактивный» режим наблюдали как после «активного» режима развития реакций, так и после режима отсутствия активности композиционных гранул.

Полученные результаты подтверждают возможность формирования композиционных материалов на основе твёрдого раствора ниобия, армированного частицами оксида алюминия, в рамках алюмотермического процесса с предварительной механоактивацией исходных порошков, в режиме частичного испарения продуктов кислородообменных реакций.

Оценка максимальных температур разогрева продуктов реакций позволяет ожидать испарения формирующегося «in situ» оксида алюминия, или его части, что предопределяет потенциальную возможность получения армирующей фазы в виде ультрадисперсных и даже наноразмерных частиц в зависимости от условий конденсации и кристаллизации.

По стехиометрическим данным реакций (1 – 5) можно рассчитать объёмную долю армирующей фазы в соответствующих композиционных материалах. Результаты расчёта объёмной доли и измерения активности композиционных гранул приведены в таблице.

Таблица – Результаты расчёта объёмной доли и измерения активности композиционных гранул

Система	Объёмная доля $\text{Al}_2\text{O}_3$ в композите, %	Время механической активации, мин.	Режим (скорость распространения фронта, см/сек)
$\text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Al}$	66,5	0 – 180 (остановлен)	Активный, (0,1 → 4,1)
$\text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Al}$	71,9	0 - 20	Отсутствие активности
		25	Гиперактивный
$\text{MoO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Al}$	69,7	0 - 60	Отсутствие активности
		65	Гиперактивный
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Al}$	65,8	0 - 20	Отсутствие активности
		40 - 60	Активный, (8,6 → 15,6)
		80	Гиперактивный
$\text{NiO} + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Al}$	64,1	0 - 20	Отсутствие активности
		40	Активный, (20,3)
		60	Гиперактивный

Переход части продуктов через испарение позволяет обеспечить высокую степень однородности конечной порошковой смеси, и, соответственно, высокий уровень однородности структуры получаемого композиционного материала.

Немаловажным фактором для применения описанной технологии является её энергетическая самодостаточность, выводящая порошковый алюмотермический процесс с предварительной механической активацией исходных порошков в разряд внепечных технологий.

#### Выводы

1. Исследование алюмотермических реакций в порошковых системах  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  ( $\text{WO}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ) –  $\text{Al}$  после механической активации выявило наличие необходимых и достаточных условий для реализации двойной стехиометрической кислородообменной реакции в режиме испарения части её продуктов.

2. Двойные стехиометрические кислородообменные реакции, представляющие реакции параллельного формирования частиц оксида алюминия, ниобиевой матрицы и легирующего элемента, образующего с ниобием твердый раствор, позволяют формировать композиционные порошки с объёмной долей армирующей фазы на уровне 0,64 – 0,72.

3. Переход части продуктов двойных реакций через испарение позволит обеспечить высокую степень однородности конечной порошковой смеси, и, соответственно, высокий уровень однородности структуры получаемого композиционного материала.

4. Энергетическая самодостаточность, позволяющая испарять часть продуктов кислородообменных реакций, выводит порошковый алюмотермический процесс с предварительной механической активацией исходных порошков в разряд внепечных технологий, существенно расширяя возможности её промышленного использования.

#### Литература

- Balsone, S. J., Bewlay, B. P., Jackson, M. R., Subramanian, P. R., Zhao, J.-C., Chatterjee, A., and Heffernan, T. M., Materials beyond superalloys – exploiting high-temperature composites, *Proc. Third Int. Symp. on Structural Intermetallics 2001*, pp. 99–108, Warrendale, PA: The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), 2001.
- И.Л. Светлов, Б.Н. Бабич, С.Я. Власенко, И.Ю. Ефимочкин, Ю.А. Абузин, О.Б. Тимофеева. Высокотемпературные ниобиевые композиты, упрочнённые силицидами ниобия Журнал функциональных материалов, Т. 1. № 2, 2007, с 48 – 53.
- Yu. A. Abuzin, M. N. Kulikova, V. S. Levchenko, T. B. Sagalova, A. G. Gavrilova, N. B. Smirnov Structure formation and changes in the reactivity of composite granules of the nb–si system in mechanical activation, *Nanomechanics Science and Technology: An International Journal*, Volume 5, 2014 Issue 3, p 213-221. DOI: 10.1615/NanomechanicsSciTechIntJ.v5.i3.50
- Абдулкаримова Р.Г., Кетегенов Т.А., Мансуров З.А., Лапшин О.В., Смоляков В.К. Влияние намола на механохимический синтез в гетерогенных системах. Физика и химия обработки материалов 2009, № 5, с. 46-54.
- Корчагин М.А., Ляхов Н.З. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез в механически активированных составах. Химическая физика, 2008, том 27, №1, с 73-78.
- Н. А. Кочетов, Н. Ф. Шкодич, А. С. Рогачев Влияние некоторых параметров механической активации на характеристики процесса СВС. Известия РАН. Серия Физическая, 2008, том 72, № 8, с. 1124-1126.
- Богатырёва Е.В., Ермилов А.Г., Подшибякина К.В. Оценка доли запасённой энергии при механоактивации вольфрамитового концентрата Неорганические материалы, 2009, том 45, № 12, с 1471-1477.
- Ермилов А.Г., Сафонов В.В., Дорошко Л.Ф., и др. Оценка доли запасённой при предварительной механической активации энергии с помощью рентгенографии Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 2002, № 3, с 48 – 53.
- Болдырев В.В. Механохимия и механическая активация твердых веществ. // Журнал Успехи химии. 2006, №75.
- Григорьева Т.Ф., Баринаева А.П., Ляхов Н.З. Механохимический синтез в металлических системах / Отв. Ред. Е.Г. Авакумов. СО РАН, Институт химии твёрдого тела и механохимии. - Новосибирск: Параллель, 2008. 311 с.
- Абузин Ю.А., Скроботова Е.Ю., Овсянникова Н.Ю. Исследование процессов накопления дополнительной энергии в механоактивируемых порошках системы  $\text{Ni} - \text{Al}$  // Журнал Металлургия машиностроения. 2010. №6, с. 42 – 45.

## References

1. Balsone, S. J., Bewlay, B. P., Jackson, M. R., Subramanian, P. R., Zhao, J.-C., Chatterjee, A., and Heffernan, T. M., Materials beyond superalloys – exploiting high-temperature composites, *Proc. Third Int. Symp. on Structural Intermetallics 2001*, pp. 99–108, Warrendale, PA: The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), 2001.
2. Svetlov, I. L., Abuzin, Yu. A., Babich, B. N., Vlasenko, S. Ya., Efimochkin, I. Yu., and Timofeeva, O. B., High-temperature niobium composites, reinforced with niobium silicides, *J. Functional Mater.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–53, 2007.
3. Yu. A. Abuzin, M. N. Kulikova, V. S. Levchenko, T. B. Sagalova, A. G. Gavrilova, N. B. Smirnov Structure formation and changes in the reactivity of composite granules of the nb–si system in mechanical activation, *Nanomechanics Science and Technology: An International Journal*, Volume 5, 2014 Issue 3, p 213–221. DOI: 10.1615/NanomechanicsSciTechIntJ.v5.i3.50
4. Abdulkarimova, R. G., Ketegenov, T. A., Mansurov, Z. A., Lapshin, O. V., and Smolyakov, V. K. The effect of milling on mechanochemical synthesis in heterogeneous systems, *Fiz. Khim. Obrab. Mater.*, no. 5, pp. 46–54, 2009.
5. Korchagin, M. A. and Lyakhov, N. Z., Self-propagating high-temperature synthesis in mechanically activated compositions, *Khim. Fiz.*, vol. 27, no. 1, pp. 73–78, 2008.
6. Kochetov, N. A., Shkodich, N. F., and Rogachev, A. S., The effect of specific mechanical activation parameters on characteristics of self-propagating high-temperature synthesis, *Izv. RAN, Ser. Fiz.*, vol. 72, no. 8, pp. 1124–1126, 2008.
7. Bogatyreva, E. V., Ermilov, A. G., and Podshibyakina, K. V., Assessing the share of energy accumulated after mechanical activation of tungstenite concentrate, *Neorg. Mater.*, vol. 45, no. 12, pp. 1471–1477, 2009.
8. Ermilov, A. G., Safonov, V. V., Doroshko, L. F., Koliakin, A. V., and Polushin, N. N., Assessing the share of energy accumulated during preliminary mechanical activation by X-ray analysis, *Izv. Vyssh. Ucheb. Zaved., Tsvet. Metallurg.*, no. 3, pp. 48–53, 2002a.
9. Boldyrev V. V/ Mechanochemistry and mechanical activation of solids. // *Journal of Russian Chemical*. 2006, №75.
10. Grigorieva TF, Barinov AP, Lyakhov NZ Mechanochemical synthesis in metal systems / Ed. Ed. EG Avakumov. Russian Academy of Sciences, Institute of Solid State Chemistry and Mechanical. - Novosibirsk: Parallel, 2008. 311 p.
11. Abuzin, Yu. A., Skrobotova, E. Yu., and Ovsyannikova, N. Yu., On accumulation of additional energy in mechanically activated powders of the Ni–Al system, *J. Metallurg. Mashinost.*, no. 6, pp. 42–45, 2010.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.086

Анучкин С.Н.

ORCID: 0000-0002-2650-0818, кандидат технических наук,

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-38-60129 мол\_а\_дк

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ТУГОПЛАВКИХ НАНОФАЗ $ZrO_2$ С ПАВ РАСПЛАВОВ Ni – ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация

Представлены впервые полученные результаты гетерофазного взаимодействия нанопаз  $ZrO_2$  с поверхностно активными примесями S и Sn в расплавах Ni с последующим удалением ансамблей нанопазы+ПАВ на границы фаз Ме-керамика или Ме-газ. Впервые изучено изменение поверхностного натяжения и плотности расплавов Ni-S и Ni-Sn с нанопазами  $ZrO_2$  и показано влияние природы и размера наночастиц на эти свойства.

**Ключевые слова:** экзогенные нанопазы, Ni-S, Ni-Sn,  $ZrO_2$ , поверхностное натяжение, плотность.

Anuchkin S.N.

ORCID: 0000-0002-2650-0818, PhD in Engineering,

Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science,

Russian Academy of Sciences

# INTERACTION OF EXOGENOUS REFRACTORY NANOPHASES $ZrO_2$ WITH SURFACTANT IN Ni MELTS - EXAMPLE OF THE USE OF NANOTECHNOLOGY IN METALLURGY

Abstract

The heterophase interaction nanophases  $ZrO_2$  with surface active S and Sn impurities in Ni melts with following removal of ensembles nanophases+SAS on the phase boundary Me-ceramic or Me-gas was presented for the first time. The variation of surface tension and density of the Ni-S and Ni-Sn melts with nanophases  $ZrO_2$  was studied for the first time. The influence of the nature and size of nanoparticles on these properties was showed.

**Keywords:** exogenous nanophase, Ni-Al, Ni-Sn,  $ZrO_2$ , surface tension, density.

За последние время интенсивное развитие получили нанотехнологии в различных областях науки и техники. Они уже широко применяются в фармакологии, в производстве материалов для электроники, в машиностроении, строительстве, в авиационной и космической отраслях. Нанотехнологии используются и в металлургии, которая продолжает оставаться одной из базовых отраслей промышленности. Основной проблемой металлургии является повышение качества изделий, в связи с чем ведется непрерывный поиск новых, более эффективных и универсальных способов улучшения свойств металла. В связи с этим, одним из перспективных направлений нанотехнологий в металлургии триады железа является использование наноразмерных частиц тугоплавких фаз (НЧТФ) в жидком металле как в виде реагентов для рафинирования расплавов, так и в виде инокуляторов, влияющих на процесс кристаллизации и структуру металла [1]. На основании анализа результатов российских исследователей А.И. Русанова, Ю.А. Минаева, С.И. Попеля, М.Х. Шоршорова, М.Ф. Сидоренко и других, предложена гипотеза о взаимодействии наночастиц

тугоплавких фаз с ПАВ металлического расплава с последующим адсорбционным механизмом взаимодействием НЧТФ с ПАВ расплава и удалением ансамблей Me-(НЧТФ+ПАВ) из металла (подробно см. [1]).

Настоящая работа является продолжением цикла исследований по адсорбционному взаимодействию НЧТФ с ПАВ и целью работы является исследование гетерофазного взаимодействия оксидной НЧТФ  $ZrO_2$  с ПАВ (S, Sn) в модельных системах Ni-S и Ni-Sn и изучение влияния  $ZrO_2$  на структурные свойства расплава.

**Термодинамический анализ.** Модельные системы Ni-S и Ni-Sn хорошо изучены, а примеси серы и олова проявляют поверхностно-активные свойства и с увеличением концентрации понижают поверхностное натяжение расплава. Выбор оксида циркония объясняется, во-первых, необходимостью новых знаний о поведении оксидов металлов 4а Периода Периодической таблицы элементов при взаимодействии с жидким никелем и его примесями с учетом кристаллографии материалов. Во-вторых, в расширении использования указанного оксида в практических целях, например, при получении ДУО сталей, материала ячеек для измерения ЭДС компонентов жидких сплавов и т.д.

Рассчитали стандартную энергию Гиббса реакций диссоциаций  $ZrO_2$  в Ni при 1873 К и значения  $\Delta G^\circ_{1873K}$  составили 337700 Дж/моль. Анализ литературных данных по смачиваемости  $ZrO_2$  расплавами никеля показал, что значения угла смачиваемости  $\theta$  не однозначны: от 90° (1500 °C) [2] до 135° (1500 °C) [3], что, может быть обусловлено влиянием стабилизирующих добавок, примесей, условиями получения подложки, а также методами исследования. Стоит отметить, что все значения  $\theta$  исследовались при контакте жидкого металла с керамической подложкой, а смачиваемость наноразмерных частиц  $ZrO_2$  жидким никелем неизвестна. С помощью термодинамических расчетов проанализировали возможные процессы удаления серы и олова из расплава. В модельной системе Ni-S (0,0763 мас.%) исследовали удаление серы в виде газовых компонентов  $S_2$ ,  $SO_2$  и  $H_2S$ . По уравнению зависимости константы равновесия реакции от температуры определили значение  $P_{S_2}$ , которое при 1873 К составило  $3,71 \cdot 10^{-3}$  Па. В связи с присутствием кислорода в расплаве и водорода в газовой фазе ( $P_{H_2+10\% H_2} = 0,2$  МПа) рассчитали значение  $P_{SO_2}$  и  $P_{H_2S}$ . Значение  $P_{SO_2}$  при 1873 К составило 0,33 Па, а значения  $P_{H_2S}$  было равно 3,06 Па. В модельной системе Ni-Sn (0,0460 мас.%) рассмотрели процесс испарения олова в виде Sn и  $SnO$ , а значения  $P_{Sn}$  и  $P_{SnO}$  при 1873 К были равны  $1,09 \cdot 10^{-4}$  и  $2,41 \cdot 10^{-3}$  Па, соответственно. Все это свидетельствует о возможном удалении серы и олова в газовую фазу, что, однако, мало вероятно в условиях эксперимента (см. ниже).

**Методика и материалы исследования.** Наночастицы  $ZrO_2$  получали плазмохимическим методом (см. лит.[1]). Удельную поверхность анализировали методом БЭТ на анализаторе Micrometrics TriStar 3000 и она составила 19,14 м<sup>2</sup>/г. Средний размер частиц  $d_{cp}$  (БЭТ) для  $ZrO_2$  составил 55 нм. Результаты рентгенофазового анализа (Rigaku Ultima 4), показали наличие 80 %  $ZrO_2$  (бадделейт) и 20 % -  $ZrO_{1,88}$ . Введение НЧТФ в жидкий расплав реализовали в виде компакта Ni(97,5%)+  $ZrO_2$  (2,5%) (подробно см. [1]). Опыты с модельными сплавами провели в лабораторных условиях в вакуумной индукционной печи (ВИП), в атмосфере He с 10%-ым содержанием  $H_2$  при давлении 0,2 МПа. Ввод компакта осуществляли без нарушения герметичности с последующей изотермической выдержкой от 180 до 720 с. (Ni-S) и от 300 до 1200 с. (Ni-Sn) в зависимости от опыта. Средняя температура опытов составляла 1623-1658 °C. Содержание НЧТФ в расплаве после введения составляло 0,1%.

Для всех серий опытов поверхностное натяжение  $\sigma$  (ПН) и плотность расплава  $\rho$  (ПР) определяли методом большой капли с образованием капли жидкого металла в корундизовой конической чашке в вакуумной печи сопротивления с графитовым нагревателем. Печь с образцом металла юстировали с помощью теодолита FET 500. Опыты проходили в атмосфере Ar ( $P_{Ar} = 0,1$  МПа) и с помощью цифрового фотоаппарата NIKON D70 фиксировали процессы плавления образца, формирования капли и ее равновесного положения с неизотермической выдержкой с обработкой полученных изображений с помощью ПО Adobe Photoshop и Drop ([4], расчет по методу Лапласа).

**Результаты опытов и их обсуждение.** Всего провели 20 опытов с 5 типами сплавов: Ni (марки Н0), Ni-S(0,0763%); Ni-Sn(0,0460%); Ni-S(0,0763%)- $ZrO_2$ (55 нм) и Ni-Sn(0,0460%)- $ZrO_2$ (55 нм), а результаты представили в виде зависимостей  $[ПАВ]=f(\tau)$  и степени удаления ПАВ  $\alpha = (([ПАВ]_{исх}-[ПАВ]_{кон})/[ПАВ]_{исх})$ , отн. %. Зависимости (ПН, ПР)= $f(T)$  всех опытов аппроксимировали прямолинейной зависимостью с обработкой данных методом наименьших квадратов и результаты расчетов приведены в таблице 1 (см.  $\sigma=f(T)$  и  $\rho=f(T)$ , где  $\sigma$  в мН/м,  $\rho$  в г/см<sup>3</sup>, T в К). Из данных по ПР всех серий опытов оценили степень разрыхленности при повышении температуры на 100 °C, для чего рассчитали значения параметра  $\beta = (\rho^{1773} - \rho^{1873}) / \rho^{1773} \cdot 100$ , %, где  $\rho^T$  – значения ПР при заданной температуре. Содержание кислорода в Ni, Ni-S и Ni-Sn составило 0,0023; 0,0031 и 0,0028 мас.%, соответственно. Сравнивая значения ПН и ПР системы Ni-S с ранее полученными [5], прослеживается незначительное различие, что может быть связано с влиянием различных марок Ni (Н0 [5] и ДНК1), использованных при приготовлении модельного сплава.

Таблица 1 – Результаты измерения ПН и ПР при 1750-1950 К

Серия и номер опыта	Система *	[ПАВ], мас. %	$\sigma = f(T)$	$\sigma^{1823K}$ мН/м	$\rho = f(T)$	$\rho^{1823K}$ г/см <sup>3</sup>	$\beta^{**}$ , отн. %
1-1	Ni	-	$2115,7-0,2232 \cdot T$	1709	$9,144-0,00098 \cdot T$	7,36	1,32
2-1	Ni-S	0,0763	$1928-0,2603 \cdot T$	1454	$9,845-0,00128 \cdot T$	7,51	1,69
3-1	Ni-S-ZrO <sub>2</sub> (3) **	0,0639	$2070,8-0,3252 \cdot T$	1478	$11,047-0,00199 \cdot T$	7,42	2,65
3-2	Ni-S-ZrO <sub>2</sub> (6)	0,0664	$2016,2-0,2903 \cdot T$	1487	$11,713-0,00238 \cdot T$	7,37	3,18
3-3	Ni-S-ZrO <sub>2</sub> (12)	0,0668	$1998,8-0,2734 \cdot T$	1500	$11,854-0,00250 \cdot T$	7,30	3,37
4-1	Ni-Sn	0,0510	$2083,5-0,2291 \cdot T$	1666	$9,149-0,00090 \cdot T$	7,51	1,19
5-1	Ni-Sn-ZrO <sub>2</sub> (4)	0,0397	$2069,8-0,2373 \cdot T$	1637	$9,738-0,00133 \cdot T$	7,31	1,80
5-2	Ni-Sn-ZrO <sub>2</sub> (12)	0,0374	$2116,5-0,2554 \cdot T$	1651	$10,137-0,00151 \cdot T$	7,38	2,02
5-3	Ni-Sn-ZrO <sub>2</sub> (20)	0,0371	$2130,5-0,2846 \cdot T$	1612	$10,646-0,00191 \cdot T$	7,16	2,63

Примечание: \* – цифры в скобках – выдержка во время плавки в ВИП при подготовке образцов;

\*\* – коэффициент разрыхления расплава.

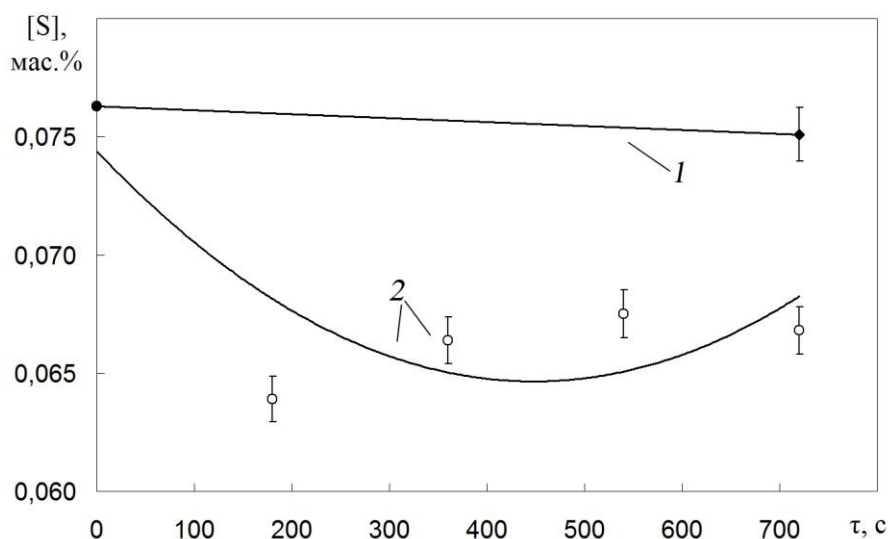


Рис. 1 – Зависимость содержания серы от длительности выдержки в расплавах Ni-S: 1 – опыты без введения НЧТФ; 2 – Ni-S-ZrO<sub>2</sub>(55 нм).

Анализ полученных впервые результатов системы Ni-S в показал, что, во-первых, введение НЧТФ ZrO<sub>2</sub> при изотермической выдержке 180-720 с. привело к снижению содержания [S] и значения  $\alpha_s$  в системе составили 12-18 отн.% (см. рис.1), что, с учетом термодинамического анализа, однозначно указывает на гетерофазное взаимодействие НЧТФ ZrO<sub>2</sub> с ПАВ и удаление ансамблей Ni-(ZrO<sub>2</sub>+S). Во-вторых, обработка данных методом наименьших квадратов при описании их полиномиальной функцией ( $[S]=0,0744-4,35 \cdot 10^{-5} \tau + 4,86 \cdot 10^{-8} \tau^2$ ) показала наличие экстремума при 360 с., что может служить доказательством возможных обратимых процессов сорбции/десорбции серы на границах ZrO<sub>2</sub>-S.

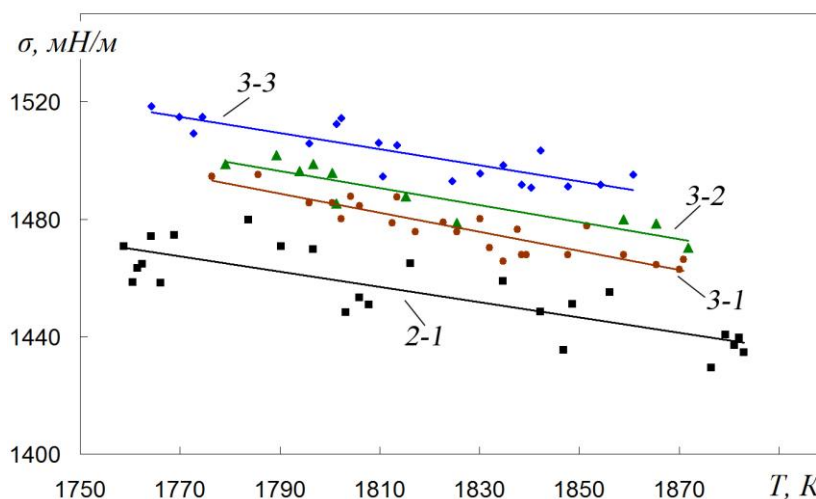


Рис. 2 – Температурные зависимости поверхностного натяжения систем Ni-S и Ni-S-ZrO<sub>2</sub> (см. таблицу 1).

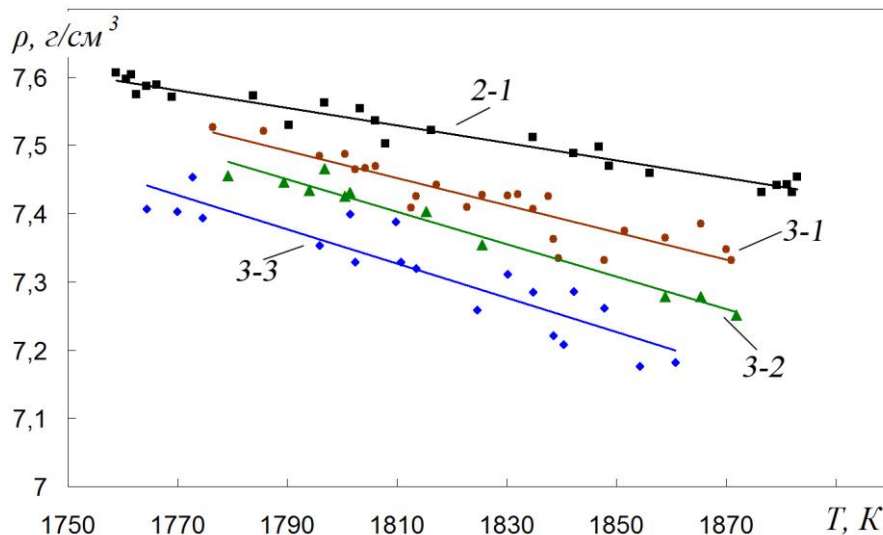


Рис. 3 – Температурные зависимости плотности систем Ni-S и Ni-S-ZrO<sub>2</sub> (см. таблицу 1).

Результаты влияния НЧТФ ZrO<sub>2</sub> на структурные свойства расплава Ni-S (см. рис.2 и 3) показали, что, во-первых, введение НЧТФ привело к увеличению значений  $\sigma^{1823K}$  на 1,7-3,1 отн.%, что свидетельствует о поверхностно-активных свойствах ансамблей Ni+(ZrO<sub>2</sub>+S); увеличение значений температурного коэффициента  $\partial\sigma/\partial T$  при длительных выдержках в ВИП (с -0,3252 до -0,2734) может указывать на формирование сложной структуры агломератов ансамблей Ni<sub>x</sub>+(ZrO<sub>2</sub>)<sub>y</sub>+S<sub>z</sub> и их влиянии на изменение структуры поверхностного слоя. Во-вторых, введение НЧТФ снизило значения  $\rho^{1823K}$  на 1,2-2,9 отн. %, а разрыхленность расплава возросла в 1,5-2 раза. С учетом квазихимической теории строения жидких металлов, можно предположить об изменении структуры кластеров металла в результате образования ансамблей Ni+(ZrO<sub>2</sub>+S).

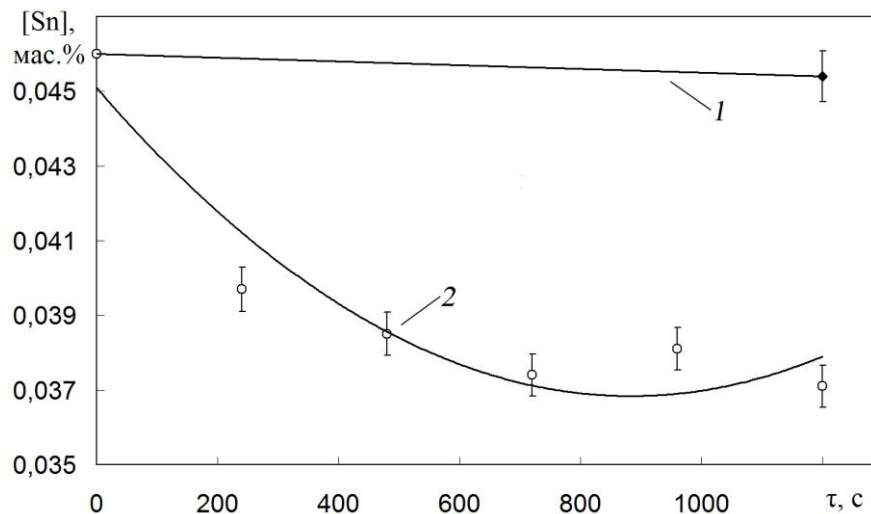
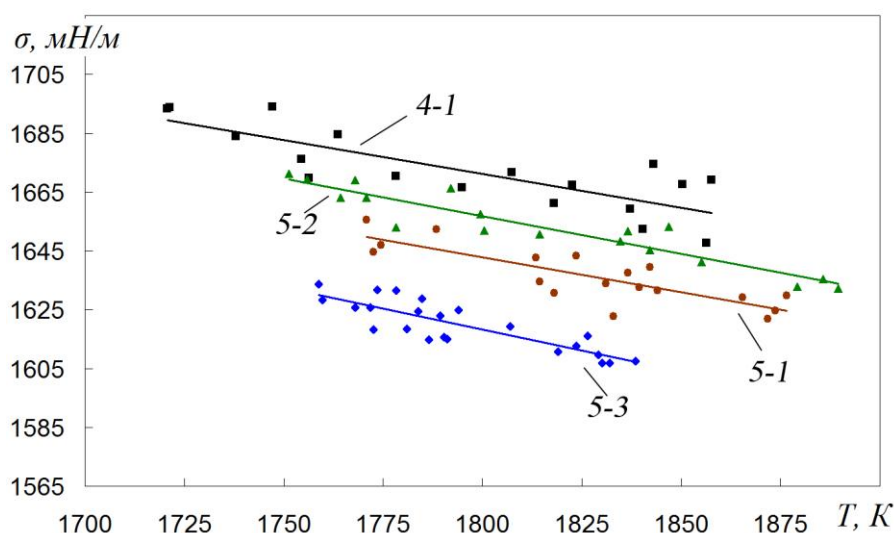
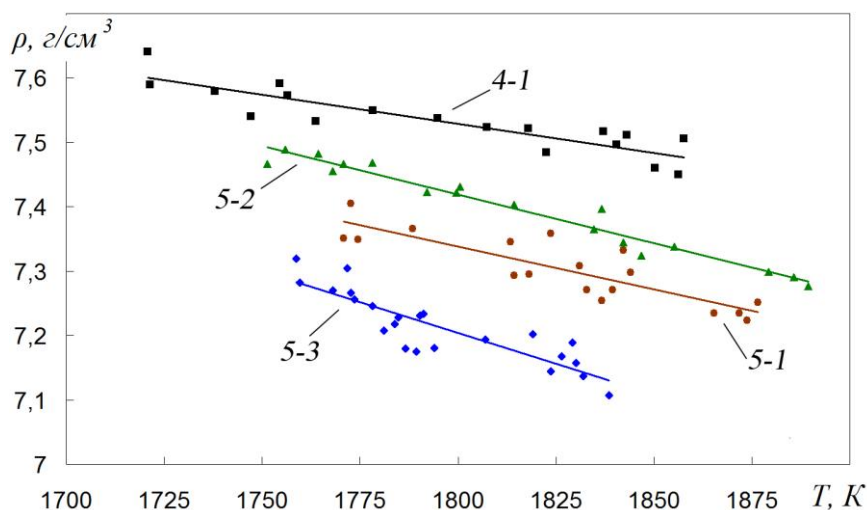


Рис. 4 – Зависимость содержания олова от длительности выдержки в системе Ni-Sn: 1 – опыты без введения НЧТФ; 2 – Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub>(55 нм)

Рассмотрение результатов системы Ni-Sn показало, что, во-первых, введение НЧТФ ZrO<sub>2</sub> при изотермической выдержке 180-1200 с. обеспечило снижение содержания [Sn] и значения  $\alpha_s$  были равны 14-20 отн.%. (см. рис.4), что, с учетом термодинамического анализа, позволяет надежно считать существование гетерофазного взаимодействия НЧТФ ZrO<sub>2</sub> с ПАВ в расплаве Ni-Sn и удаление ансамблей Ni-(ZrO<sub>2</sub>+Sn). Во-вторых, обработка данных методом наименьших квадратов при описании их полиномиальной функцией ( $[Sn]=0,0451-1,87\cdot 10^{-5}\tau+1,06\cdot 10^{-8}\tau^2$ ) показала наличие экстремума при 720 с., что может служить доказательством возможных обратимых процессов сорбции/десорбции олова на границах ZrO<sub>2</sub>-Sn. Сравнение полученных данных систем Ni-S и Ni-Sn позволяет заключить, что скорость адсорбционного взаимодействия ZrO<sub>2</sub> с ПАВ зависит от поверхностно-активных свойств примеси и кинетики взаимодействия НЧТФ с ПАВ.



Рис. 5 – Температурные зависимости поверхностного натяжения систем Ni-Sn и Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub> (см. таблицу 1).Рис. 6 – Температурные зависимости плотности систем Ni-Sn и Ni-Sn-ZrO<sub>2</sub> (см. таблицу 1).

Результаты влияния НЧТФ ZrO<sub>2</sub> на структурные свойства расплава Ni-Sn (см. рис.5 и 6) показали, что, во-первых, введение НЧТФ, в отличие от Ni-S, привело к уменьшению значений  $\sigma^{1823K}$  на 1,7-3,3 отн.%, что указывает на различные свойства олова и серы в составе ансамблей Ni+(ZrO<sub>2</sub>+ПАВ) и их влиянии на поверхностные свойства. Уменьшение значений температурного коэффициента  $\partial\sigma/\partial T$  при длительных выдержках в ВИП (с -0,2373 до -0,2846) еще раз указывает на формирование сложной структуры агломератов ансамблей, отличных от ансамблей системы Ni-S, и их различным влиянии на изменение структуры поверхностного слоя. Во-вторых, введение НЧТФ снизило значения  $\rho^{1823K}$  на 2,6-4,7 отн. %, а разрыхленность расплава возросла в 1,5-2,2 раза, что как и в случае системы Ni-S, указывает на значительное влияние образования ансамблей Ni+(ZrO<sub>2</sub>+Sn) на изменение строения кластеров расплава.

#### Выводы.

1. Термодинамическими расчетами рассмотрели соединение ZrO<sub>2</sub> для изучения взаимодействия этих наночастиц с модельными расплавами Ni-S и Ni-Sn, а также рассчитали парциальные давления газовых компонентов и удаление серы/олова из расплавов в виде S<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Sn, SnO и показали малую вероятность удаления в условиях плавки.

2. Впервые исследовали гетерофазное взаимодействие экзогенных наночастиц ZrO<sub>2</sub> (55 нм) с ПАВ – серой или оловом в модельных расплавах Ni-S и Ni-Sn. Обнаружили, что удаление [S] и [Sn] происходило в результате гетерофазного взаимодействия НЧТФ с ПАВ с образованием ансамблей и их удалением на границу раздела фаз металл-газ, металл-шлак или металл-футеровка.

3. Впервые исследовали влияние НЧТФ ZrO<sub>2</sub> на структурные свойства расплава и показали разнонаправленное влияние ансамблей Ni+(ZrO<sub>2</sub>+ПАВ) в зависимости от ПАВ на изменение структуры поверхностного слоя расплава. Обнаружили уменьшение плотности расплава и увеличение разрыхленности, что связали с изменением кластерного строения расплава в результате образования ансамблей.

#### Литература

1. Anuchkin, S.N. Effect of the size factors on the heterophase interaction of exogenous refractory compound nanoparticles with sulfur in a model nickel melt / S.N. Anuchkin, V.T. Burtsev, A.V. Samokhin, I.A. Gvozdokov // Russian Metallurgy (Metally). – 2012. - № 3. - P. 178-184.

2. Durov, A.V. Investigation of interaction of metal melts and zirconia / A.V. Durov, Y.V. Naidich, B.D. Kostyuk // Journal of materials science. – 2005. - V.40. № 9-10. - P. 2173 – 2178.
3. Kanetkar, C.S. The wetting characteristics and surface tension of some Ni-based alloys on yttria, hafnia, alumina, and zirconia substrates / C.S. Kanetkar, A.S. Kacar, D.M. Stefanescu // Metallurgical Transactions A. – 1988. - V.19. №7. - P. 1833-1839.
4. Krylov, A.S. Software package for determination of surface tension of liquid metals / A.S. Krylov, A.V. Vvedensky, A.M. Katsnelson, A.F. Tugovikov // Journal of Non-Crystalline Solids. - 1993. - T. 845. - P. 156-158.
5. Anuchkin, S.N. Effect of Exogenous Refractory Nanophases on the Structural Properties of Nickel Melts / S.N. Anuchkin, V.T. Burtsev, A.V. Samokhin // Russian Metallurgy (Metally). – 2013. - № 9. - P. 658–665.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.144

Гришина Т.Г.<sup>1</sup>, Феофанов А.Н.<sup>2</sup>, Юдин Г.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>доктор технических наук, <sup>3</sup>аспирант,

Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС***Аннотация*

*Статья посвящена определению и систематизации факторов, влияющих на технологический процесс. Описаны основные виды деления понятий на основании положений типологии. Рассмотрено качество технологического процесса, с позиции первичного объекта деления, с факторами, влияющими на него, в качестве подобъектов категоризации. Предложены принципы формирования классификации и разграничения факторов, влияющих на технологический процесс, на основании природы их возникновения, в виде фрактальной самоподобной структуры.*

**Ключевые слова:** техническая система, классификация, критерий, риск.

Grishina T.G.<sup>1</sup>, Feofanov A.N.<sup>2</sup>, Yudin G.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>postgraduate,

Moscow State Technological University «STANKIN»

**IDENTIFYING THE FACTORS THAT AFFECTS TECHNOLOGICAL PROCESS***Abstract*

*The article considers the identification and systematization of the factors influencing the process. The basic types of division of concepts based on the typology of the provisions. We consider the quality of the process, from the perspective of the primary division of the object, with the factors affecting it, as a sub-object categorization. The principles of classification and differentiation of the factors influencing the process, on the basis of the nature of their occurrence, in the form of a self-similar fractal structure.*

**Keywords:** technical system, classification, criteria, risk management.

Успешность реализации технологического процесса зависит от множества факторов, между которыми существуют причинно-следственные связи. Работы, в которых представлены факторы, влияющие на ход того или иного процесса, существовали и ранее, причем для некоторых групп факторов были разработаны государственные стандарты. Следует отметить работы Г.Г. Азгальдова [1], в которых было установлено, что на операцию процесса влияет одновременно около 1500 факторов, А.И. Половинкина [6], описавшего главные характеристики технической системы, как четыре группы факторов: удовлетворяемые потребности и соответствующие им реализуемые технические функции, потребительские качества и соответствующие им критерии эффективности, внутренние факторы – структура технической системы, внешние факторы – основные инвариантные понятия для изучения и разработки законов и закономерностей техники, а также Р.М. Хвастунова, А.Н. Феофанова, В.М. Корнеевой, Е.Г. Нахапетяна [7], рассматривающих особенности проектирования процессов непрерывного (циклического) повышения качества технологии производства и выпускаемой продукции. Профессор Токийского университета Каору Ишикава предложил устанавливать отношения между показателем качества и воздействующими на него факторами с помощью причинно-следственной диаграммы, включенной в японский промышленный стандарт (JIS), и используемой в настоящее время не только применительно к показателям качества продукции, но и в других областях.

**Классификация факторов на основе диаграмм К.Ишикава.**

На основе диаграммы Ишикавы можно провести анализ классификации факторов [2], влияющих на производственный процесс.

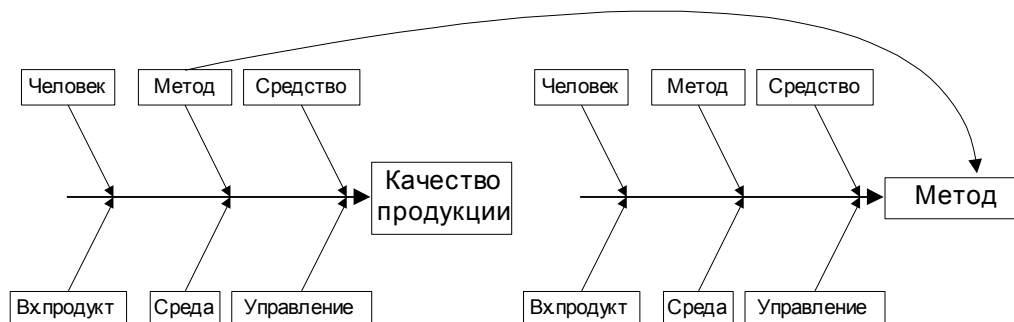


Рис. 1 – Развертывание факторов, влияющих на качество

Представляемая классификация факторов производственного процесса (табл. 1) соответствует всем свойствам, предъявляемым к этому особому виду делений [5]. Во-первых, она является системой последовательных делений, которые осуществлены с позиции влияющих признаков. Во-вторых, факторы сгруппированы таким образом, что их позиция в классификации позволяет судить об их свойствах. И, кроме того, итоговый результат классификации может быть легко интерпретирован, поскольку представлен в табличной либо схематичной.

Таблица 1 – Фрагмент классификации факторов производственных процессов

Параметр	Фактор этажа № 2	Код	Метод (М)	Средство (Ср)	Человек (Ч)	Среда (С)	Продукт (П)	Управление (У)
Метод	Способ обработки	М	Технологические параметры процесса (припуски, подачи и т.д.)	Тип инструмента	Механизация способа	Влияния способа обработки на среду	Физические воздействия обработки	Управление параметрами движений, воздействий
	Способ установки заготовки	Ср	Технология установки	Приспособления для установки (патрон и т.д.)	Порядок установки (механизация)	Воздействие элементов установки на материал и обратное воздействие (усилие и т.д.)	Ограничения на параметры продукта (форма и т.д.)	Управление процессом установки
	Алгоритм действий человека	Ч	Технология отдельных действий	Приспособления для выполнения отдельных действий	Навыки, знания	Условия	Ограничения, накладываемые продуктом на алгоритм	Управление последовательностью действий человека
	Дополнительные материалы, условия	С	Технология применения дополнительных материалов/условий	Приспособления для применения дополнительных материалов/условий	Действия человека по применению дополнительных материалов/условий	Воздействие материалов/условий на среду и обратное воздействие	Дополнительное воздействие материалов/условий на продукт и обратное воздействие	Управление процессом применения дополнительных материалов/условий
	Соответствие свойств продукта способу обработки	П	Технология установления соответствия	Режущий инструмент (форма, шероховатость режущей кромки, радиус режущей кромки)	Квалификация	Воздействие продукта на оборудование и дополнительные материалы (СОЖ) и обратное воздействие	Обрабатываемость материала	Ограничение параметров заготовки для данного способа обработки и наоборот
	Управляемость процесса	У	«Управление метода обработки» (структура системы управления (какие обратные связи, сколько их и т.д.))	Автоматизация	Навыки, опыт, квалификация	Влияние окружающих условий на управляемость процесса	Ограничения, накладываемые продуктом на управляемость	Управление с памятью (второй уровень)

Классификация – это особого рода деление или система мереологических таксономических делений (в рамках одно и той же классификации могут встречаться как таксономические, так и мереологические деления).

Таксономическое деление – это выделение в объеме понятия подклассов, являющихся объемами новых (видовых по отношению к исходному) понятий с точки зрения определенной характеристики, называемой основанием деления. Выделяют следующие виды таксономических делений:

1. по изменению видообразующего признака (подобъекты деления ранжируются на основании изменения параметра, выступающего в качестве основания деления);
2. дихотомическое (деление объема понятия на два класса, понятия о которых находятся в состоянии противоречия).

Мереологическим делением называется членение значения понятия о предмете по принципу «целое – часть» в отношении какой-либо характеристики частей.

Классификации в отличие от простых делений, не являющихся таковыми, обладают тремя отличительными свойствами.

Свойство первое. Классификация – это система последовательных делений, произведенных с точки зрения характеристик, в частности признаков, существенных для решения теоретической или прикладной задачи.

Признаки могут быть безотносительно существенными и существенными в определенном отношении. Классификацию можно осуществлять как по первым, так и по вторым.

Второе свойство. При классификации необходимо рассредоточить объекты по классам так, чтобы по их месту в классификации можно было судить, в том числе и об их свойствах.

Чаще всего трудность классификации заключается именно в установлении характеристики [11], используемой в качестве основания системы делений и являющейся определяющей для решения тех или иных теоретических или практических проблем.

Третьим свойством классификации является представление результатов в виде схемы или таблицы.

При создании классификаций, необходимо учитывать их относительную природу, поскольку классификация зачастую является абстрактным представлением реальности. Например, она не может учитывать промежуточные состояния объектов, равно как и взаимное влияние отдельных факторов.

Также, помимо описанной выше научной классификации, в повседневной жизни используют так называемую искусственную классификация, распределяющая предметы на категории на основании несущественных признаков.[5,6]

Множество, которое представляет собой весь комплекс факторов, представляет собой множество, подобное Канторовому. В качестве затравки здесь выступает единичный отрезок. Он делится на шесть частей, каждая из которых, в свою очередь, делится еще на шесть. На каждом из этапов построения мы получаем некоторое множество  $E_j$ , которое состоит из 6 интервалов. Совокупность таких множеств можно представить в виде:

$$E_0 = [0, 1]; \quad E_1 = [0; 1/6] \cup [1/6; 1/3] \cup [1/3; 1/2] \cup [1/2; 2/3] \cup [2/3; 5/6] \cup [5/6; 1]; \\ E_2 = [0; 1/36] \cup [1/36; 1/18] \cup [1/18; 1/12] \cup [1/12; 1/9] \cup [1/9; 5/36] \cup [5/36; 1/6] \cup [1/6; 7/36] \cup [7/36; 8/36] \cup [8/36; 1/4] \cup [1/4; 10/36] \cup [10/36; 11/36] \cup [11/36; 1/3] \cup [1/3; 13/36] \cup [13/36; 7/18] \cup [7/18; 15/36] \cup [15/36; 4/9] \cup [4/9; 17/36] \cup [17/36; 1/2] \cup [1/2; 19/36] \cup [19/36; 5/9] \cup [5/9; 7/12] \cup [7/12; 11/18] \cup [11/18; 23/36] \cup [23/36; 2/3] \cup [2/3; 25/36] \cup [25/36; 13/18] \cup [13/18; 3/4] \cup [3/4; 7/9] \cup [7/9; 29/36] \cup [29/36; 5/6] \cup [5/6; 31/36] \cup [31/36; 8/9] \cup [8/9; 11/12] \cup [11/12; 17/18] \cup [17/18; 35/36] \cup [35/36; 1]$$

Само Канторово множество является пересечением всех множеств  $E_j$  и, соответственно, его можно представить в следующей форме

$$E = \bigcap_{j=0, \infty} E_j \quad (1)$$

Предлагаемая классификация представляет собой самоподобную систему, поскольку соответствует определению самоподобных систем: пусть  $E$  – некоторое множество в пространстве  $R^n$ ,  $r$  – некоторое число. Говорят, что происходит преобразование, называемое подобием, если любую точку  $x(x_1, \dots, x_n) \in E$  это преобразование переводит в точку  $r(x) = (r x_1, \dots, r x_n)$ , и тем самым переводит множество  $E$  в множество  $r(E)$ . Множество  $E$  называют самоподобным, если оно представляет собой объединение неперекрывающихся множеств  $U_i$ ,  $i = 1, m$ , таких, что каждое из  $U_i$  идентично множеству  $r(E)$ . Для случая, когда мы имеем набор чисел  $r_i$ ,  $i = 1, m$ , то множество  $E$ , представляющее собой объединение неперекрывающихся подмножеств  $U_i$ ,  $i = 1, m$  называют самоподобным, если каждое из  $U_i$  идентично множеству  $r_i(E)$  [8].

Предлагаемая классификация представляет собой группу, которую можно описать при помощи таблицы умножения группы. Классификация является группой, так как она имеет два основных признака, характеризующих группу – это наличие множества элементов и бинарной операции на этом множестве (в данном случае такой операцией является умножение). Причем такую группу следует назвать некоммутативной, поскольку в ней существуют некоммутирующие (то есть не могут представлять собой один и тот же элемент группы после операции умножения относительно главной диагонали) между собой элементы.

Образующими элементами таблицы 2 являются символы, обозначающие шесть базовых элементов диаграммы Ишикавы.

Таблица 2 – Мультипликативная группа, описывающая второй уровень развертывания факторов.

	М	С	Ч	Ср	П	У
М	ММ	СМ	ЧМ	СрМ	ПМ	УМ
С	МС	СС	ЧС	СрС	ПС	УС
Ч	МЧ	СЧ	ЧЧ	СрЧ	ПЧ	УЧ
Ср	МСр	ССр	ЧСр	СрСр	ПСр	УСр
П	МП	СП	ЧП	СрП	ПП	УП
У	МУ	СУ	ЧУ	СрУ	ПУ	УУ

(Фрагмент таблицы образования группы представлен в Таблице 1).

Таким образом, структура классификации представляется собой связный древовидный граф, не содержащий циклов. Корень этого дерева – качество рассматриваемого процесса, а вершины дерева – множество упорядоченных факторов, влияющих на процесс.

#### Литература

1. Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. Квалиметрия для всех: Учеб. пособие — М.: ИнформЗнание, 2012. — 165 с.
2. Гришина Т.Г. Факторы, влияющие на оперативность управления технологическими системами. Вестник МГТУ «Станкин». Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «Станкин», 2011, № 3(15) – С. 167-169
3. Гришина Т.Г., Феофанов А.Н. Риск как критерий оценки технической системы, «Экономика и управление в машиностроении», обзорно-аналитический, научно-практический журнал, № 5, 2013 г. – С. 16-22.
4. Гришина Т.Г., Феофанов А.Н. Риск как неопределенность в принятии решений, обзорно-аналитический, научно-практический журнал, № 6, 2013 г.
5. Ивлев Ю.В. Логика. Москва. Проспект. 2010,. 4-е изд., перераб. и доп. — 304 с.
6. Половинкин А.И., Теория проектирования новой техники, Москва, Информэлектро, 1990. –104 с.
7. Хвастунов Р.М., Феофанов А.Н., Корнеева В.М., Нахапетян Е.Г. Квалиметрия в машиностроении: учебник, М.: Издательство «Экзамен», 2009. (Серия «Учебник для вузов») – 283 с.
8. Mandelbrot B.B., “Fractals : Form, Chance and Dimension”, 1977.

#### References

1. G.G. Azgal'dov, A.V. Kostin, V.V. Sadovov. Kvalimetrija dlja vseh: Ucheb. posobie — M.: InformZnanie, 2012. –165 s.
2. Grishina T.G. Faktory, vlijajushhie na operativnost' upravlenija teh-nologicheskimi sistemami. Vestnik MGTU «Stankin». Nauchnyj recenziruemyj zhurnal. M.: MGTU «Stankin», 2011, № 3(15) – S. 167-169
3. Grishina T.G., Feofanov A.N. Risk kak kriterij ocenki tehničeskoj sistemy, «Jekonomika i upravlenie v mashinostroenii», obzorno-analiticheskij, nauchno-prakticheskij zhurnal, № 5, 2013 g. – S. 16-22.
4. Grishina T.G., Feofanov A.N. Risk kak neopredelennost' v prinjatii reshenij, obzorno-analiticheskij, nauchno-prakticheskij zhurnal, № 6, 2013 g.
5. Ivlev Ju.V. Logika. Moskva. Prospekt. 2010,. 4-e izd., pererab. i dop. — 304 s.
6. Polovinkin A.I., Teorija proektirovanija novoj tehniki, Moskva, Informjelektro, 1990. –104 s.
7. Hvastunov R.M., Feofanov A.N., Korneeva V.M., Nahapetjan E.G. Kva-limetrija v mashinostroenii: uchebник, M.: Izdatel'stvo «Jekzamen», 2009. (Serija «Uchebник dlja vuzov») – 283 s.
8. Mandelbrot B.B., “Fractals : Form, Chance and Dimension”, 1977.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.087

Дрововозова Т.И.<sup>1</sup>, Паненко Н.Н.<sup>2</sup>, Кулакова Е.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-8724-7799, Доцент, Доктор технических наук, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4426-7762, Ассистент,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-6778-1401, Кандидат технических наук,

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова

Донского государственного аграрного университета

**ИССЛЕДОВАНИЕ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В СТОЧНЫХ ВОДАХ****Аннотация**

*В работе представлены результаты исследования бактерицидной активности пероксида водорода с целью выявления эффективной концентрации и времени экспозиции в отношении санитарно-показательных микроорганизмов E.coli и общих колиформных и термотолерантных колиформных бактерий, находящихся в сточных водах, прошедших очистку на биологических прудах.*

**Ключевые слова:** очистка, сточная вода, пероксид водорода, микрофлора.

Drovovozova T.I.<sup>1</sup>, Panenko N.N.<sup>2</sup>, Kulakova E.S.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-8724-7799, Associate professor, PhD in Engineering,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4426-7762, Assistant,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-6778-1401, PhD in Engineering,

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

**THE STUDY OF BACTERICIDAL ACTIVITY OF HYDROGEN PEROXIDE IN THE WASTEWATER****Abstract**

*The work presents the study results of bactericidal activity of hydrogen peroxide, with the aim to identifying the effective concentration and exposure time to sanitary-indicative microorganisms E. coli, and common coliform and thermo-tolerant coliform bacteria in wastewater, cleared in the biological ponds.*

**Keywords:** water cleaning, wastewater, hydrogen peroxide, microflora.

В последнее время качественно изменился подход к решению проблемы охраны окружающей среды, неотъемлемой частью которой является охрана и рациональное использование водных ресурсов. Во многих официальных документах определён перечень неотложных задач, направленных на ослабление негативных с экологических и санитарно-гигиенических позиций последствий поступления в природные водоёмы недостаточно очищенных сточных вод. Среди них снижение доз препаратов, оказывающих неблагоприятное воздействие на природную среду и самого человека, особенно обладающих способностью образовывать канцерогены и мутагены в результате химической трансформации примесей воды.

Практика применения хлора в процессе обеззараживания, особенно сточных вод, характеризующихся высоким значением ХПК, а также исследования последних лет выявили ряд присущих ему серьезных недостатков, прежде всего, это образование в воде хлорорганических соединений, которые показывают высокие уровни генотоксической активности в отношении человека и живых организмов (тригалометаны, хлорбензол, хлорфенол, хлорамины, четыреххлористый углерод и целый ряд других). Многие из указанных соединений способны аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и по трофическим (пищевым) цепям попадать в организм человека. Хлорорганические соединения характеризуются высокой стойкостью к биодеструкции, и поэтому вызывают загрязнение рек на больших расстояниях вниз по течению. Так, например, в ряде штатов США повышенная токсичность следов остаточного хлора и хлораминов вызвала необходимость ограничить остаточную концентрацию хлора в сбросных водах до 0,1 мг/л [1,2].

Выше указанные доводы приводят к необходимости замены хлора на стадии обеззараживания на менее опасные окислители, не вызывающие появления в воде вторичных более опасных загрязнений.

Наиболее перспективным методом обеззараживания воды является УФ-облучение, высокоэффективное при обеззараживании от бактерий, вирусов и патогенных простейших, но в отличие от окислительных методов не вызывающее образование вторичных токсикантов. Применение УФ-излучения для обеззараживания очищенных сточных вод позволяет оптимально решать экологические проблемы.

Обеззараживающий эффект УФ-облучения выше, чем хлорирования и обеспечивает инактивацию как обычных патогенных вегетативных и споровых кишечных бактерий, так и вирусов, в частности, гепатита А и Е, полиомиелита и других.

Строящиеся и проектируемые в настоящее время за рубежом станции обеззараживания имеют плотность ультрафиолетового потока от 50 мДж/см<sup>2</sup> до 100 мДж/см<sup>2</sup>. Только при таких нормативах ультрафиолетового потока происходит эффективная инактивация патогенной микрофлоры в системах водоочистки. Именно эти цифры были приведены практически во всех докладах 2-го Международного конгресса по ультрафиолетовым технологиям в июле 2003 года в г. Вене. При этом прозрачность водной среды должна быть не хуже 85 %, а количество взвешенных частиц не более 1 мг/л.

Качество воды во всех регионах (городах) России существенно хуже, чем приведённые выше параметры, а используемая ультрафиолетовая техника не способна обеспечить требуемых для инактивации доз ультрафиолетового излучения. Действующие в России плотности ультрафиолетового потока в 16-20 мДж/см<sup>2</sup> для питьевой воды и 28-40 мДж/см<sup>2</sup> для хозяйственно-бытовых и промышленных стоков не обеспечивают эффективной инактивации патогенной микрофлоры. Повышение доз УФ-облучения приводит к повышенному расходу электроэнергии, что значительно удорожает процесс очистки. Более того, необходимо учитывать повышение устойчивости микрофлоры к воздействию хлора и ультрафиолета.

Пероксид водорода  $H_2O_2$  относится к немногим окислителям, применение которого не сопровождается экологически вредными последствиями. Литературные данные и практический опыт применения пероксида в процессах водоподготовки и водоотведения показывает, что указанный препарат характеризуется рядом технологических преимуществ [3-12]: 1) возможность обработки вод в широком диапазоне значений концентрации, температуры и реакции среды (pH); 2) пероксиду водорода присуща высокая селективность окисления различных примесей, что, в свою очередь, позволяет минимизировать затраты на другие, подчас весьма дорогие, реагенты; 3) в отличие от многих других окислителей, пероксид водорода характеризуется стабильностью; 4) его практическое применение не требует сложного аппаратного оформления (как, например, в случаях с хлором и ультрафиолетом). Наконец, следует отметить еще одно важное обстоятельство: остаточная концентрация пероксида водорода способствует протеканию процессов аэробной биологической очистки, а в природных водах  $H_2O_2$  в отличие от остаточного хлора, играет позитивную роль [12].

Исходя из вышеизложенного, целью работы являлось изучение бактерицидного эффекта пероксида водорода, как реагента для обеззараживания сточных вод Кадамовских очистных сооружений (КОС), расположенных в г. Новочеркасске Ростовской области.

С целью выяснения наиболее эффективной концентрации пероксида водорода при обеззараживании сточной воды с эколого-гигиенической точки зрения нами была изучена бактерицидная активность пероксида водорода в отношении санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов.

С этой целью были проведены две серии опытов. В первом случае, брали предварительно простерилизованную воду, в которую затем вносили санитарно-показательные микроорганизмы *E.coli* в количестве  $1,2 \cdot 10^4$  кл/см<sup>3</sup>. Температура проб на всем протяжении опыта составила  $20 \pm 1$  °С. В пробы инфицированной воды вводили: 0,1; 0,2; 0,4; 0,7 и 1,0 г/л в пересчёте на чистый  $H_2O_2$  (соответственно 0,01; 0,02; 0,04; 0,07 и 0,1 %-ный растворы  $H_2O_2$ ). Время экспозиции составляло 120 мин. Результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Эффект обеззараживания воды при различных концентрациях пероксида водорода

Концентрация $H_2O_2$ , г/л	Величина показателя $\lg(N_t/N_0)^*$ по истечении времени экспозиции				Эффект от концентрации, разы
	20	40	60	120	
0,1	-0,1	-0,15	-0,2	-0,25	-
0,2	-0,2	-0,5	-0,9	-1,9	7,6
0,4	-0,52	-0,77	-1,6	-2,08	8,3
0,7	-0,9	-1,8	-2,55	-	12,75
1,0	-2,0	-3,0	-	-	20,0

Примечание: \*  $N_t$  – количество выживших в воде после обработки микроорганизмов, кл/см<sup>3</sup>;  
 $N_0$  – исходное количество микроорганизмов в инфицированной воде, кл/см<sup>3</sup>.

Полученные результаты показывают, что увеличение концентрации  $H_2O_2$  в 2 раза по сравнению с 0,1 г/л увеличивает бактерицидный эффект более чем в 7,5 раз, увеличение в 4 раза – примерно в 8 раз, увеличение в 7 раз – более чем в 12 раз, а увеличение в 10 раз – в 20 раз.

Чем больше концентрация  $H_2O_2$ , тем меньше требуется времени экспозиции для полной инактивации санитарно-показательных микроорганизмов, т.е. при концентрации  $H_2O_2$  0,7 г/л полная инаktivация достигается при времени экспозиции 120 мин, а при 1,0 г/л – через 60 мин.

Таким образом, для достижения полной инактивации микроорганизмов в сточных водах необходимы более высокие концентрации, что вполне согласуется с работами [5,6, 13].

Поскольку микробиологическими показателями санитарного состояния сточных вод являются общие колиформные (ОКБ) и термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), то второй серией опытов являлось изучение бактерицидной активности  $H_2O_2$  в различных концентрациях в отношении вышеуказанных микроорганизмов.

К общим колиформным бактериям (ОКБ) относят граммотрицательные не образующие спор палочки, не обладающие оксидазной активностью, способные расти на дифференциальных лактозных средах (типа Эндо). Термотолерантные колиформные бактерии входят в группу колиформных организмов, оказывают существенное влияние на качество воды. Они содержат также род *Escherichia* (*E.Coli*), *Klebsiella*, *Enterobacter* и *Citrobacter*. (Норматив ОКБ и ТКБ в сточных водах перед выпуском в водоём – 100 кл/см<sup>3</sup>) [14].

С этой целью в сточную воду, отобранную после биологических прудов, вносили раствор пероксида водорода в концентрациях 0,15; 0,3; 0,45; 1,5; 3,0; 4,5 и 6,0 г/л в пересчёте на чистый  $H_2O_2$  (соответственно: 0,015; 0,03; 0,045; 0,15; 0,3; 0,45 и 0,6 %-ный растворы  $H_2O_2$ ). Исходное содержание ОКБ в сточной воде ( $N_0$ ) составило  $5,07 \cdot 10^8$ , ТКБ –  $4,97 \cdot 10^7$  кл/см<sup>3</sup>.

В первой серии опытов в пробы сточной воды вносили, соответственно: 0,15, 0,3 и 0,45 г/л в пересчёте на чистый  $H_2O_2$ . Время экспозиции 10 мин. Температура проб на всем протяжении опыта составила  $20 \pm 1$  °С. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Бактериологические показатели, после введения в сточную воду пероксида водорода различной концентрации

Наименование	Пробы, содержащие гН <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /л.					
	0,15		0,3		0,45	
	N <sub>t</sub>	K*	N <sub>t</sub>	K	N <sub>t</sub>	K
1	2	3	4	5	6	7
Общие колиформные бактерии, ед./100 мл	2,4·10 <sup>3</sup>	5,32	2,0·10 <sup>3</sup>	5,4	1,5·10 <sup>3</sup>	5,53
Термотолерантные колиформные бактерии, ед./100 мл	2,4·10 <sup>3</sup>	4,32	2,0·10 <sup>3</sup>	4,39	1,5·10 <sup>3</sup>	4,52

Примечание: \* K – глубина обеззараживания реагента, определяемая по формуле:  $K = \lg(\frac{N_0}{N_t})$

Результаты исследований показали низкую эффективность пероксида водорода в изучаемых концентрациях в отношении ОКБ и ТКБ и указали на необходимость увеличения времени экспозиции. В связи с этим, во второй серии опытов был изучен бактерицидный эффект пероксида в концентрациях, соответственно: 1,5; 3,0; 4,5 и 6,0 г Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л и бактерицидное последствие вышеуказанных концентраций. С целью достижения требуемого эффекта время экспозиции увеличили до 60 мин. Результаты экспериментов представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Бактериологические показатели, после введения в сточную воду пероксида водорода различной концентрации

Наименование	Пробы, содержащие г Н <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /л.							
	1,5		3,0		4,5		6,0	
	N <sub>t</sub>	K	N <sub>t</sub>	K	N <sub>t</sub>	K	N <sub>t</sub>	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общие колиформные бактерии, ед./100 мл	2,2·10 <sup>3</sup>	5,36	2,1·10 <sup>3</sup>	5,38	150	6,53	не обнаружено	-
Термотолерантные колиформные бактерии, ед./100 мл	2,2·10 <sup>3</sup>	4,35	2,1·10 <sup>3</sup>	4,37	150	5,53	не обнаружено	-

Повышение концентрации Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в 10 раз (для концентрации 4,5 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л) по сравнению с предыдущим опытом и увеличение времени экспозиции до 60 мин показало снижение количества ОКБ и ТКБ в сточной воде в 10 раз. Для концентрации 6,0 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л уже через час достигается полная инактивация ОКБ и ТКБ.

Таким образом, эффективная концентрация, позволяющая достигнуть достаточной инактивации патогенной микрофлоры в сточной воде с учётом норматива, находится в интервале 4,5 – 6,0 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л.

При определении бактерицидного последствия изучали микробиологическое состояние проб, обработанных пероксидом, через 2, 24 и 48 часов. Результаты исследований показали, что полная инактивация микроорганизмов во всех пробах (1,5; 3,0; 4,5 и 6,0 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л) достигается через 2 часа, достигнутый эффект во всех пробах сточных вод сохраняется в течение 2 суток.

Проведённые исследования позволили сделать следующие выводы:

- для достижения требуемого бактерицидного эффекта в отношении санитарно-показательных микроорганизмов E.coli при времени экспозиции 60 мин эффективной концентрацией пероксида является 1,0 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л; увеличение времени экспозиции до 120 мин показывает эффективность концентрации пероксида в 0,7 г/л;

- для достижения требуемой инактивации патогенной микрофлоры в сточной воде (ОКБ и ТКБ) эффективная концентрация достигает 6,0 г Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л при времени экспозиции 60 мин;

- увеличение времени экспозиции до 120 мин позволяет получить требуемый эффект обеззараживания общих колиформных и термотолерантных колиформных бактерий уже при концентрации 1,5 гН<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/л, одновременно с этим, будет достигнут норматив и по коли-индексу;

- таким образом, снижение дозы реагента может быть достигнуто за счет увеличения времени экспозиции.

#### Литература

1. Федоров, Л. А. Диоксины в питьевой воде / Химия и жизнь, № 1, 2009 Режим доступа: <http://chemistryandchemists.narod.ru>
2. Федоров, Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы – Москва: ВО "Наука", 1993. 238 с.
3. Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Peroxyde d'hydrogene: Porte par Ca vague ecoloque [Text]// Inf. Chim. – 1991. - № 334. – Р. 134 – 144.
4. Механизмы бактерицидного действия перекиси водорода [Текст]/Н.И. Самойленко, Е.И. Васильева, И.Б. Павлова [и др.] // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 1983. - № 2. – С. 30 – 33.
5. Cantoni, O. Molecular mechanisms of hydrogen peroxide cytotoxicity [Text]/ O. Cantoni, G. Brandi, L. Salvaggio // Ann. Inst. Super Sanita. – 1989. – V. 25. - № 1. – Р. 69 – 73.
6. Изучение антимикробного действия пероксида водорода в присутствии различных металлов [Текст]/Н.Г. Потапенко, В.В. Ильяшенко, В.Н. Косинова [и др.] // Химия и технология воды. – 1994. – Т. 16. - № 2. – С. 203 – 209.
7. Гигиеническое изучение качества питьевой воды, обеззараживаемой перекисью водорода [Текст]/Н.В. Миронец, Р.В. Савина, П.П. Власова [и др.]// Гигиена и санитария. – 1984. - № 3. – С. 86 – 87.
8. Селюков, А.В. Использование пероксида водорода в технологии физико-химической очистки промышленных



сточных вод [Текст]/А.В. Селюков, А.И. Тринко// Экол. химия водной среды: материалы II Всесоюз. школы (Ереван, 11–14 мая 1988 г.) / под. ред. Ю.И. Скурлатова. - М.: - ИХФ АН СССР, 1988.

9. Селюков, А.В. Применение экологически чистых окислителей для очистки сточных вод [Текст]/А.В. Селюков, С.Н. Бурсова, А.И. Тринко// обзор. информ./ ВНИИ НТПИ. - М., 1990. - С. 12-13.

10. Hairston, D. Astarring role for hydrogen peroxyde [Text]// Chemistry Engineering (USA). - 1995. - V. 102. - № 7.

11. Slater, D. Depollution des effluents du traitement de surfaces parie e peroxyde d'hydrogene [Text]/D. Slater, N. De Roffignac // Eau, ind., nuisances. - 1995. - № 186.

12. Скурлатов, Ю.И. Определяющая роль окислительно-восстановительных процессов в формировании качества природной водной среды [Текст] // Успехи химии. - 1991. - Т. 60, - № 3. - С. 140-142.

13. Пероксид водорода в технологиях обеззараживания воды: эколого-экономический аспект: монография / И.А. Денисова, Т.И. Дрововозова, Н.В. Ляшенко [и др.]; под ред. В.В. Денисова - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2011. - 150 с.

14. Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод : метод. указания МУ 2.1.5.800-99 Минздрав России. М, 2000. 13 с.

### References

1. Fedorov, L. A. Dioksiny v pit'evoj vode / Himija i zhizn', № 1, 2009 Rezhim dostupa: <http://chemistryandchemists.narod.ru>

2. Fedorov, L.A. Dioksiny kak jekologicheskaja opasnost': retrospektiva i perspektivy - Moskva: VO "Nauka", 1993. 238 s.

3. N2O2. Peroxyde d'hydrogene: Porte par Ca vague ecoloque [Text]// Inf. Chim. - 1991. - № 334. - P. 134 - 144.

4. Mehanizmy baktericidnogo dejstvija perekisi vodoroda [Tekst]/N.I. Samojlenko, E.I. Vasil'eva, I.B. Pavlova [i dr.] // Zhurnal mikrobiologii, jepidemiologii i immunologii. - 1983. - № 2. - S. 30 - 33.

5. Cantoni, O. Molecular mechanisms of hydrogen peroxide cytotoxicity [Text]/ O. Cantoni, G. Vrandi, L. Salvaggio // Ann. Inst. Super Sanita. - 1989. - V. 25. - № 1. - P. 69 - 73.

6. Izuchenie antimikrobnogo dejstvija peroksida vodoroda v prisut-stvii razlichnyh metallov [Tekst]/N.G. Potapchenko, V.V. Illjashenko, V.N. Kosinova [i dr.] // Himija i tehnologija vody. - 1994. - Т. 16. - № 2. - S. 203 - 209.

7. Gigienicheskoe izuchenie kachestva pit'evoj vody, obezzarazhivae-moj perekis'ju vodoroda [Tekst]/N.V. Mironec, R.V. Savina, P.P. Vlasova [i dr.]// Gigiena i sanitarija. - 1984. - № 3. - S. 86 - 87.

8. Seljukov, A.V. Ispol'zovanie peroksida vodoroda v tehnologii fiziko-himicheskoy ochistki promyshlennyh stochnyh vod [Tekst]/A.V. Seljukov, A.I. Trinko// Jekol. himija vodnoj sredy: materialy II Vsesojuz. shkoly (Erevan, 11–14 maja 1988 g.) / pod. red. Ju.I. Skurlatova. - M.: - IHF AN SSSR, 1988.

9. Seljukov, A.V. Primenenie jekologicheski chistyh okislitelej dlja ochistki stochnyh vod [Tekst]/A.V. Seljukov, S.N. Bursova, A.I. Trinko// obzor. inform./ VNII NTPI. - M., 1990. - S. 12-13.

10. Hairston, D. Astarring role for hydrogen peroxyde [Text]// Chemistry Engineering (USA). - 1995. - V. 102. - № 7.

11. Slater, D. Depollution des effluents du traitement de surfaces parie e peroxyde d'hydrogene [Text]/D. Slater, N. De Roffignac // Eau, ind., nuisances. - 1995. - № 186.

12. Skurlatov, Ju.I. Opredel'ajushhaja rol' okislitel'no-vosstanovitel'nyh processov v formirovanii kachestva prirodnoj vodnoj sredy [Tekst] // Uspehi himii. - 1991. - Т. 60, - № 3. - S. 140-142.

13. Пероксид водорода в технологиях обеззараживания воды: jekologo-jekonomicheskij aspekt: monografija / I.A. Denisova, T.I. Drovovozova, N.V. Ljashenko [i dr.]; pod red. V.V. Denisova - Novocherkassk: UPC «Nabla» JuRG TU (NPI), 2011. - 150 s.

14. Organizacija gossanepidnadzora za obezzarazhivaniem stochnyh vod : metod. ukazaniya MU 2.1.5.800-99 Minzdrav Rossii. M, 2000. 13 s.

# DOAJ

*Все материалы, опубликованные в Международном научно-исследовательском журнале, размещаются в депозитарии научных изданий Университета Лунда.*

**DOAJ** (Лунд, Швеция) [<http://www.doaj.org/>].

*Таким образом, публикации наших авторов доступны еще большему кругу исследователей, что поднимает их статус и увеличивает возможность цитирования.*

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.172

Козлов А.В.

Кандидат технических наук, доцент,

Самарский государственный архитектурно– строительный университет

# УЧЁТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФАКТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ МЕТОДОМ ОТРЫВА СО СКАЛЫВАНИЕМ

## Аннотация

*В статье приведен анализ основных проблем определения фактической прочности бетона методом отрыва со скалыванием, связанных с особенностями напряженно-деформированного состояния сборных и монолитных железобетонных конструкций. Показаны сложности определения «фактической» прочности бетона в зависимости от уровня загрузки контролируемой железобетонной конструкции и, как следствие, величины сжимающих напряжений, действующих на контролируемом участке конструкции. На основании физической сущности метода отрыва со скалыванием показана его чувствительность к существующим на момент испытания напряжениям в конструкции.*

**Ключевые слова:** бетон, фактическая прочность, неразрушающий контроль.

Kozlov A.V.

PhD in Engineering, associate Professor,

Samara State University of Architecture and Civil Engineering

# THE GIVEN STRESS-STRAIN STATE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WHEN DETERMINING THE ACTUAL CONCRETE STRENGTH DETERMINED BY THE METHOD OF SEPARATION OF CHIPPING

## Abstract

*The article presents the analysis of the main problems determine the actual concrete strength by method of separation with shearing related to the peculiarities of the stress-strain state of prefabricated and monolithic concrete structures. Shows the complexity of determining the "actual" strength of concrete depending on the level of load cases controlled the design of reinforced concrete and, as a consequence, the magnitude of compressive stress acting on the controlled section of the structure. On the basis of the physical essence of the method of separation of chipping shows its sensitivity to the existing at the time of testing stresses in the structure.*

**Keywords:** concrete, the actual strength, non-destructive testing.

Надежность и эффективность методик определения прочностных характеристик бетона исследуемых сборных и монолитных железобетонных конструкций строительных объектов имеют первостепенное значение в ходе контроля их качества. Эффективное определение прочностных характеристик бетона состоит в контроле его прочности непосредственно в самих конструкциях так называемыми неразрушающими способами. Действующие в настоящее время требования нормативных документов [1-4] обуславливают широкое распространение способов неразрушающего контроля для определения фактических прочностных характеристик бетона сборных и монолитных несущих конструкций. В соответствии с Изменениями №2 к [1] п.11.5.3. прочность бетона в монолитных конструкциях необходимо определять в основном неразрушающими способами, за исключением случаев физической невозможности осуществления такого контроля (отсутствия доступа). Также для соответствующих методов неразрушающего контроля Нормы предписывают обязательное составление градуировочных зависимостей.

На данном этапе методы неразрушающего контроля детально описывают несколько нормативных документов и ГОСТов. Действующие в настоящее время требования Норм признают методику отрыва со скалыванием (или вырыва анкера) одной из базовых и допускают ее использование для составления градуировочных зависимостей при определении фактической прочности бетона методами ударного импульса, ультразвукового, упруго - пластической деформации. Этим объясняется актуальность тематики проводимого исследования.

Сущность метода вырыва анкера в соответствии с [5] заключается в реализации загрузки бетона плавной монотонно возрастающей вырывной нагрузкой устроенного в бетоне на определенной заданной глубине анкера характерной формы до отрыва части бетона конструкции или достижения значения предельной (критической) нагрузки. Кубиковую прочность бетона при сжатии определяют по значению усилия вырыва по стандартной переводной зависимости, учитывающей вид как анкера, так и заполнителя.

Однако, получаемая таким образом величина «фактической кубиковой» прочности бетона не является корректной величиной для большинства испытаний реальных железобетонных конструкций. Причиной этого является сильная чувствительность метода отрыва со скалыванием к существующему в момент испытания сжимающему напряжению в бетоне. Усилие вырыва заметно зависит от интенсивности обжатия, что отражено в работе И.В.Вольфа, В.Д.Лихачева [6, 7]. В этом легко убедиться, если с разной силой зажимать в одной руке обычную авторучку, а другой рукой попытаться ее вырвать. Совершенно очевидно, что чем сильнее сжимается авторучка рукой, тем большее усилие нам необходимо приложить, чтобы ее вырвать. Очень грубо, если не учитывать перераспределение усилий в бетоне, такую же картину можно представить и при вырыве анкера из сжатого бетона.

Таким образом, в зависимости от степени обжатия бетона, мы получаем различные значения усилия при вырыве анкера, и, как следствие, различные показания прочности по прибору для одного и того же бетона. Опасность здесь заключается в том, что прибор в большинстве случаев фиксирует заниженные значения прочности, а величина занижения напрямую зависит от степени нагружения конструкции.

Другая проблема заключается в некорректности градуировочных зависимостей, рассчитанных для остальных методов неразрушающего контроля по результатам испытаний метода отрыва со скалыванием. Следует отметить, что

в современных действующих нормах, касающихся определения прочности бетона указанный недостаток метода отрыва со скалыванием очень слабо акцентирован, как правило, одной фразой типа «при испытании методом отрыва со скалыванием участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры». Однако каких-либо рекомендаций, как интерпретировать результаты рассматриваемого метода, например, для бетона одинакового класса, но на разных по высоте участках колонны (т.е. с разной степенью сжатия бетона), как правило, не приведено.

В более ранних рекомендациях конца 70-х годов 20-го века [5] указанная проблема влияния существующего обжатия бетона при определении его кубиковой прочности методом отрыва со скалыванием четко обозначена и в приложении 6 [5] приводится экспериментальная зависимость для корректировки значений прочности по прибору в зависимости от существующего напряжения сжатия в бетоне.

При использовании методики [5] для определения «истинной кубиковой» прочности бетона методом вырыва анкера возникают дополнительные задачи, связанные с определением существующего сжимающего напряжения в бетоне на момент испытания. Это крайне важный момент при постановке задач обследования. В случае, когда перед экспертом поставлена задача определения только прочности бетона по показаниям прибора (фактически, снятие показаний прибора) конструкций объекта исследования, например, для проверки на соответствие проектным величинам, то предоставленные данные по прочности следует оценивать уже проектировщикам с учетом определенных ими усилий в конструкции. Но поскольку современные здания и сооружения имеют весьма сложную расчетную схему, то и определение существующих сжимающих напряжений в бетоне потребует создания объемной конечно – элементной модели объекта совместно с основанием.

Этот момент необходимо учитывать и экспертным организациям при проведении комплексных обследований и мониторинга технического состояния зданий и сооружений. Требования современных норм по обследованию зданий и сооружений в плане определения прочностных характеристик материалов (бетона) несущих конструкций, фактически ведут к необходимости полного расчета Объекта обследования, что, естественно требует иных ресурсов от экспертной организации.

Автором в настоящее время ведутся обширные теоретические и экспериментальные исследования по определению влияния напряженно-деформированного состояния конструкций на величину фактической прочности бетона определяемой методом отрыва со скалыванием.

#### Литература

1. СП 63.13330.2012 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения"
2. ГОСТ Р 53778-2010. "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния"
3. Стандарт ОАО РАО «ЕЭС России» 17230282.27.010.001-2007 «Здания и сооружения объектов энергетики. Методика оценки технического состояния» - Челябинск, 2007 г.
4. РД 153-34.2-21.545-2003 «Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин» – ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», Санкт-Петербург, 2003 г.
5. Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений. / НИИ Строительных конструкций ГОССТРОЯ СССР, НИИ бетона и железобетона СССР. – М.: Стройиздат, 1979 г.
6. Вольф И.В., Лихачев В.Д. Инструкция по определению прочности бетона в конструкциях путем комплексных испытаний на отрыв, скалывание и твердость. // Донецкий Промстройинипроект, - Донецк, 1964.
7. Лихачев В.Д., Хомутченко С.Я., Комаровский П.А. Определение прочности бетона в конструкциях методом вырывания стержней. // Бетон и железобетон. 1973, №10.

#### References

1. SP 63.13330.2012 "concrete and reinforced Concrete structures. The main provisions.
2. GOST R 53778-2010. "Buildings and facilities. Rules of examination and monitoring of technical condition"
3. The standard of ОАО RAO "UES of Russia" 17230282.27.010.001-2007 "Buildings and constructions of energy facilities. The method of estimation of technical condition" - Chelyabinsk, 2007.
4. RD 153-34.2-21.545-2003 Rules for conducting field observations of job concrete dams" – JSC "VNIIG im. B. E. Vedeneeva", Saint-Petersburg, 2003.
5. Guidance on the definition and assessment of concrete strength in buildings and structures. / Research Institute of Building constructions of GOSSTROY of the USSR, research Institute of concrete and reinforced concrete of the USSR. – М.: Stroyizdat, 1979.
6. Wolf I. V., Likhachev V. D. instructions for determining concrete strength in structures by comprehensive tests at the detachment, shear and hardness. // Donetsk PromstroyNIiproekt, Donetsk, 1964.
7. Likhachev, V. D., Khomutenko S. J., Komorowski, P. A. Determination of concrete strength in structures by the method of pull-out rods. // Concrete and reinforced concrete. 1973, No. 10.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.175

Корякина В.В.<sup>1</sup>, Семенов М.Е.<sup>2</sup>, Шиц Е.Ю.<sup>3</sup>, Портнягин А.С.<sup>4</sup><sup>1</sup>Младший научный сотрудник, <sup>2</sup>младший научный сотрудник,<sup>3</sup>доктор технических наук, <sup>4</sup>младший научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ГИДРАТОВ МЕТАНА, ЭТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ В УСТАНОВКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА****Аннотация**

В статье приводятся результаты исследований, касающиеся особенностей получения синтетических гидратов метана и этана в камерах-реакторах высокого давления закрытого типа. Установлено, что процесс получения газогидратов в изохорных условиях имеет разный по времени индукционный период, продолжительность которого в процессе образования гидратов этана меньше, чем для гидратов, образующихся из метана. Показано, что наличие дополнительных металлических поверхностей роста внутри камеры-реактора приводит к сокращению периода индукции и к повышению массового содержания гидрата в смеси «лед – гидрат». Расчетами показано, что состав синтетически полученных гидратов метана описывается как  $7.67\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ , а состав гидрата этана практически идеален –  $5.95\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ . Результаты исследования могут использоваться для разработки новых технических приемов повышения эффективности процесса перевода газа в твердое концентрированное состояние и создания газогидратных технологий как самостоятельного вида транспортировки и хранения углеводородного сырья.

**Ключевые слова:** гидраты метана, этана, изохорные условия, установки закрытого типа, массовое содержание газогидрата.

Koryakina V.V.<sup>1</sup>, Semenov M.E.<sup>2</sup>, Shitz E.Yu.<sup>3</sup>, Portnyagin A.S.<sup>4</sup><sup>1</sup>Junior researcher, <sup>2</sup>junior researcher, <sup>3</sup>PhD in Engineering, <sup>4</sup>junior researcher,

Institute of Oil and Gas Problems SB RAS

**RESEARCH OF STRUCTURE OF THE SYNTHETIC HYDRATES OF METHANE, ETHANE RECEIVED IN INSTALLATIONS OF THE CLOSED TYPE****Abstract**

The results of researches concerning features of obtaining synthetic hydrates of methane and ethane in cameras - reactors of a high pressure of the closed type are given in article. It is established that process of receiving gas hydrates in the izokhorneykh conditions has the induction period, different in time, which duration in the course of formation of hydrates of ethane is less, than for the hydrates which are formed of methane. It is shown that existence of additional metal surfaces of growth in the camera - the reactor leads to reduction of the period of induction and to increase of mass maintenance of hydrate in the mix "ice-hydrate". By calculations it is shown that the structure of synthetic received hydrates of methane is described as  $7.67\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ , and the structure of hydrate of ethane is almost ideal -  $5.95\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ . Results of research can be used for development of new techniques of increase of efficiency of translation process of gas in the firm concentrated state and creations of gaseous-hydrate technologies as independent type of transportation and storage of hydrocarbonic raw materials.

**Keywords:** gas hydrates of methane, ethane, izokhorney conditions, installations of the closed type, mass content of gas hydrate.

**Введение.** С точки зрения массового баланса лабораторные условия гидратообразования условно можно разделить на два типа: открытые – когда гидратообразование происходит при равновесных условиях, при этом постоянство давления в системе обеспечивается за счет притока газа-гидратообразователя и закрытые – когда образование гидратов происходит за счет изменения термобарических условий во всей системе без дополнительного притока гидратообразователя. Открытые условия получения газогидратов реализуются в изотермических и изобарных установках, а закрытые только в изохорных. Процессы получения гидратов в открытых условиях, в основном, используются в целях исследования термодинамических особенностей процесса гидратообразования, и осуществляются в равновесных условиях, поддержание которых достаточно энергозатратно. Противовес этому в изохорных условиях рост гидрата протекает без дополнительного притока гидратообразующего компонента. Установки, в которых протекает данный процесс, более просты в аппаратно-техническом исполнении.

Таким образом, целью работы являлось получение простых гидратов метана и этана в установках закрытого типа, определение массового содержания газогидрата в полученных синтетически образцах как основного параметра эффективности этого процесса.

Гидраты газов – нестехиометрические соединения газов и воды клатратного типа. Структура гидратов представляет собой водные полости, заполненные молекулами газов. По структуре гидраты делят на множество типов, наиболее распространенными из которых являются кубические структурные типы КС-1 и КС-2 [1].

Существуют эмпирические правила [2], согласно которым индивидуальные газы и их смеси могут образовывать гидраты определенной структуры:

1. Соразмерность размеров молекулы гостя и размеров водных полостей определяет возможность образования газом кристаллического гидрата;

2. Для формирования устойчивой структуры гидрата оптимальное соотношение размеров молекулы-гостя к размеру водной полости-хозяина должно быть в пределах 0,86-0,98. При значениях ниже 0,8 молекула гостя недостаточно хорошо обеспечивает отталкивание молекул воды в полости, вследствие чего она становится не стабильной или же разрушается. Например, молекула метана может входить в любые полости любой из структур, однако, большие полости структуры КС-1 она поддерживает лучше, чем в структуре КС-2 (соотношение диаметров в структурах, соответственно 0,74 и 0,66). Поэтому чистый метан образует гидрат структуры КС-1, так как она является

наиболее стабильной. То же касается и гидрата этана, так как для структуры КС-2 соотношение диаметров равно 0,84 недостаточно, поэтому этан образует гидрат, преимущественно, структуры КС-1, причем идет заполнение этаном только больших полостей. 3. Соотношение размеров молекулы-гостя к водной полости-хозяина определяет равновесные Т, Р -значения процесса гидратообразования: чем меньше значение температуры, тем выше равновесное давление. Поэтому, метан образует гидрат при более высоких давлениях, чем все другие газы, а добавление даже 1% пропана к метану уменьшает равновесное давление на 42% (при  $T=280,4\text{K}$ , соответственно, с 5,35 МПа до 3,12 МПа) [3]. Этан, по сравнению с метаном, образует гидрат при гораздо меньших давлениях.

Таким образом, состав газа-гидратообразователя является основным фактором, отвечающим за формирование газом гидрата той или иной структуры и определяет условия его образования.

### Экспериментальная часть

#### Получение гидратов метана и этана в установках закрытого типа.

В работе получение гидратов метана, этана осуществляли из определенных количеств воды и газа (табл. 1) в закрытых камерах- реакторах высокого давления. Для получения гидратов, прежде всего, необходимо рассчитать начальные условия гидратообразования. Расчет условий синтеза производился по методике Слоана с использованием уравнения состояния реального газа Редлиха-Квонга [2]. В таблице 2 приведены начальные условия синтеза гидратов.

Таблица 1 – Условия синтеза гидратов

Гидраты	Т загрузки, К	Р загрузки, атм	V воды
метана	283	50	200
этана	283	10,35	50

Последовательность этапов процесса синтеза гидратов представлена на рисунке 1.

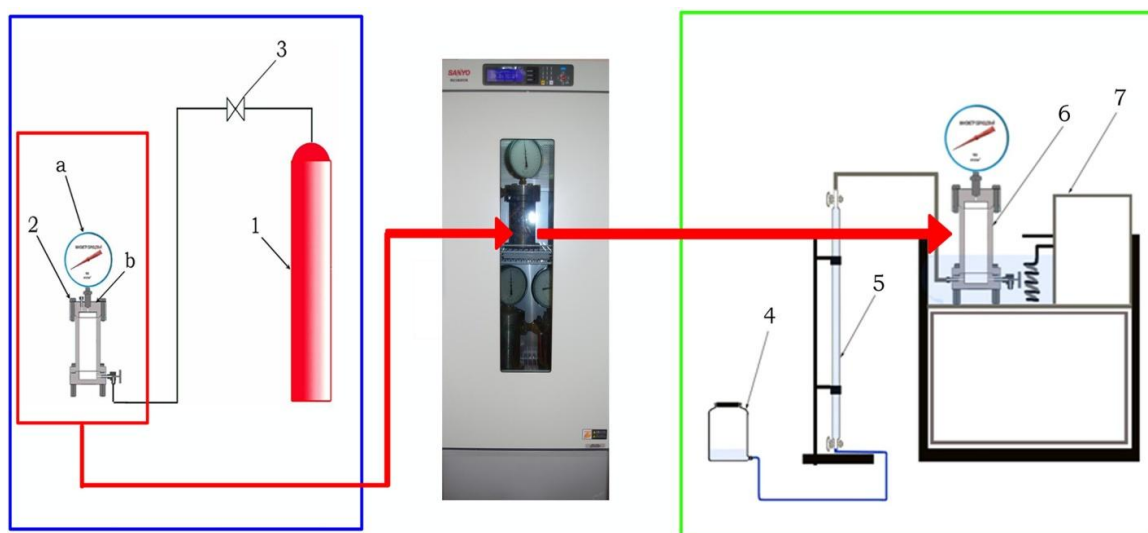


Рис. 1 – Процесс заправки камер газом (синий квадрат), синтез в инкубаторе- холодильнике и разложение (зеленый квадрат): 1 – баллон с газом-гидратообразователем; 2 – камера синтеза: а – образцовый манометр, б- крышка-фланец; 3 – кран; 4 – вытеснительный сосуд; 5 – газовая бюретка; 6 – камера с гидратом; 7 – термостат

В камеру наливали необходимое количество дистиллированной воды и вакуумировали. При температуре 283 К в камеру с водой подавали соответствующий газ до давления загрузки, которое равно давлению начала гидратообразования при температуре 280 К (табл.1). В дальнейшем дополнительную подзарядку камер газом не осуществляли. После заправки водой и газом- гидратообразователем камеру помещали в холодильник-инкубатор. Процесс гидратообразования осуществляли в режиме регулирования температуры по расчетной равновесной кривой (рис.2). Таким образом, температурные условия эксперимента были разделены на два этапа, которые повторялись постоянно до прекращения роста гидрата: быстрое охлаждение на  $1^{\circ}\text{C}$  (в течение 5-10 минут) и длительный период изотермического гидратообразования.

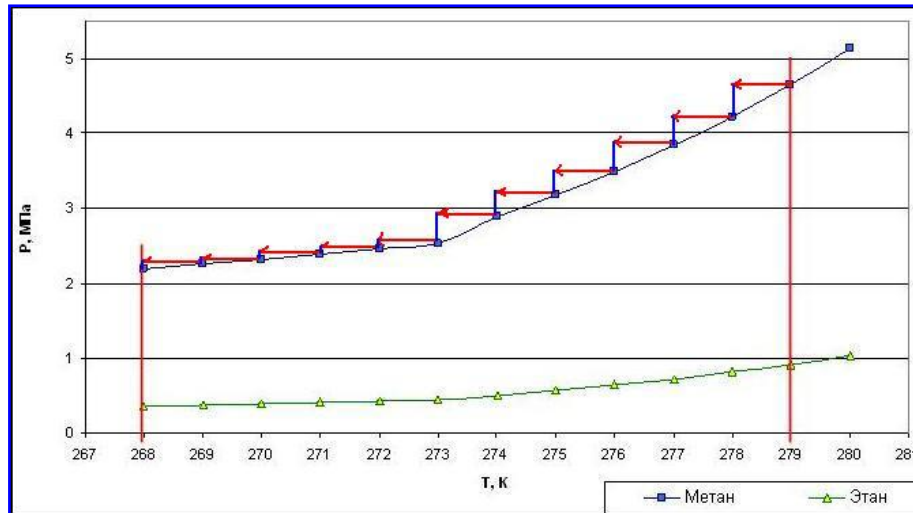


Рис. 2 – Равновесные кривые гидратообразования и температурный режим охлаждения, где - регулирование температуры: ← изменение (падение) давления: |

Как правило, образование гидратов в закрытых камерах происходит преимущественно: по стенкам камеры за счет поднятия воды под действием капиллярных сил к центрам кристаллизации растущего гидрата и диффузионно - на свободной поверхности воды (так как жидкая фаза, в нашем случае, не подвергается принудительной конвекции). Для повышения удельной поверхности взаимодействия газовой и водной фаз внутри камер помещали конструкции, выполненные из стальных пластин с общей площадью 200 см<sup>2</sup> следующего состава: C<0.005, Si>1.65, Mn – 0.09, Cr – 0.02, Ni – 0.08, Mo – 0.014, Cu – 0.06, Fe – остальное.

#### Расчет состава синтетического гидрата

Для оценки эффективности процесса искусственного получения гидратов метана/этана был проведен расчет массового содержания синтезированного гидрата в получаемой смеси «гидрат – лед». Расчеты производились на основании результатов исследований процесса разложения полученного газогидрата. Методика эксперимента заключалась в следующем: давление в камере с синтезированной смесью понижали до атмосферного, после чего камеру помещали в термостат (рис.1). Замер объема выделяющегося газа из гидрата осуществляли при температуре 294 К. Процесс проводили до полного разложения смеси, о чем судили по прекращению выделения газа. Таким образом, определение содержания гидрата в смеси «лед-гидрат» и степени превращения воды в гидрат проводили по объему выделившегося газа.

Известно, что метан и этан образуют простые гидраты структуры КС-I (кубическая структура), причем если метан, молекула которого достаточно мала, заполняет как малые, так и большие полости, то молекула этана заполняет только большие полости гидратной структуры [4]. Зная степени заполнения малых и больших полостей, которые вычисляются на основании уравнения изотермы Ленгмюра, можно найти состав и плотность образованного гидрата [4].

Фазовый переход в системе «вода – гидратообразователь» происходит только при равновесных температуре и давлении гидратообразования путем адсорбции молекул газа поверхностью воды, которая описывается изотермой Ленгмюра [4]:

$$\theta_{i,j} = \frac{C_{i,j}P}{1 + \sum_i C_{i,j}P} \quad (1)$$

Так как гидратообразующий газ состоит только из одного компонента – метана (этана), его парциальное давление равно общему давлению в системе:

$$P_{CH_4} = 5,0 \cdot 10^6 \text{ Па} \text{ и } P_{C_2H_6} = 1,035 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

В уравнении (1) константы Ленгмюра находят из эмпирического уравнения, предложенного В. Пэришем и Дж. Праустницем [5]

$$C_{i,j} = \frac{A_{i,j}}{T} \exp \frac{B_{i,j}}{T} \quad (2)$$

где  $A$  и  $B$  - константы, величина которых приведены в таблице 2.

Состав газогидрата вычисляли по степени заполнения малых и больших полостей гидрата газом, которое характеризуется числом  $n$  – количеством молекул воды, приходящимся на одну молекулу газа-гидратообразователя [5]:

$$n^I = \frac{23}{\sum \theta_{li} + 3 \sum \theta_{2i}} \text{ для гидратов структуры КС-I (3)}$$



Таблица 2 – Константы в эмпирическом уравнении (3)  
для гидрата метана, этана структуры KC-1 [6]

Гидрат метана			
Малые полости		Большие полости	
A, $10^8$	B, $10^{-3}$	A, $10^7$	B, $10^{-3}$
3.7267	2.7088	1.8372	2.7379
Гидрат этана			
Малые полости		Большие полости	
A	B	A	B
0	1	0,52971	3090,2

Кроме этого, зная размеры элементарной ячейки, можно вычислить плотность гидрата (г/мл) [1,6]:

$$\text{для гидратов структуры KC-I: } \rho = \frac{46M_{H_2O} + 2M\theta_{1i} + 8M\theta_{2i}}{a_I^3 N_A} \quad (4),$$

где  $M_{H_2O}$  – молекулярная масса воды, г/моль;

$M$  – молекулярная масса газа-гидратообразователя, г/моль;

$\theta_1$  и  $\theta_2$  – степени заполнения малых и больших полостей;

$a_I$  – параметр кубической кристаллической решетки гидрата структуры I, нм;

$N_A$  – число Авогадро.

В методике расчета массового содержания гидрата в смеси нами вводится допущение, что в ходе процесса гидратообразования малые и большие полости заполняются молекулами газа полностью и, таким образом, растущий гидрат характеризуется постоянным составом, а составы гидратов идеальны –  $8CH_4 \cdot 46H_2O$  и  $6C_2H_6 \cdot 46H_2O$ . Массовое содержание гидрата вычисляли по количеству элементарных ячеек, занятых известным (измеренным) объемом газа-гидратообразователя:

$$\Gamma = \frac{N_A \rho V a^3}{n(V_A m_{\text{воды}} + MV)}$$

где:  $\Gamma$  – массовая доля гидрата в смеси,  $\rho$  – плотность гидрата,  $V$  – объем газа-гидратообразователя,  $a$  – параметр кристаллической решетки гидрата (для гидрата KC-I равен 12 Å),  $n$  – количество молекул газа-гидратообразователя в элементарной ячейке гидрата (8 – для гидрата метана, 6 – для гидрата этана),  $m_{\text{воды}}$  – масса дистиллированной воды, взятая для синтеза,  $M$  – молярная масса газа-гидратообразователя,  $V_A$  – молярный объем газа при температуре измерения объема выделяющегося газа,  $N_A$  – число Авогадро.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 3 приведена динамика падения давлений в камерах синтеза гидрата метана без и в присутствии металлической конструкции (МК).

Установлено, что особенностью процессов гидратообразования в закрытой системе является длительный период индукции, в течение которого образуется фаза, состоящая из зародышей кристаллогидрата, которая остается в метастабильном состоянии до начала процесса лавинного гидратообразования. Так, в начальный период охлаждения камеры с водой и метаном происходит постепенное снижение давления, значение которого в несколько суток – это так называемый период индукции, в течение которого происходит растворение гидратообразователя и зарождение в воде первичных гидратных структур.

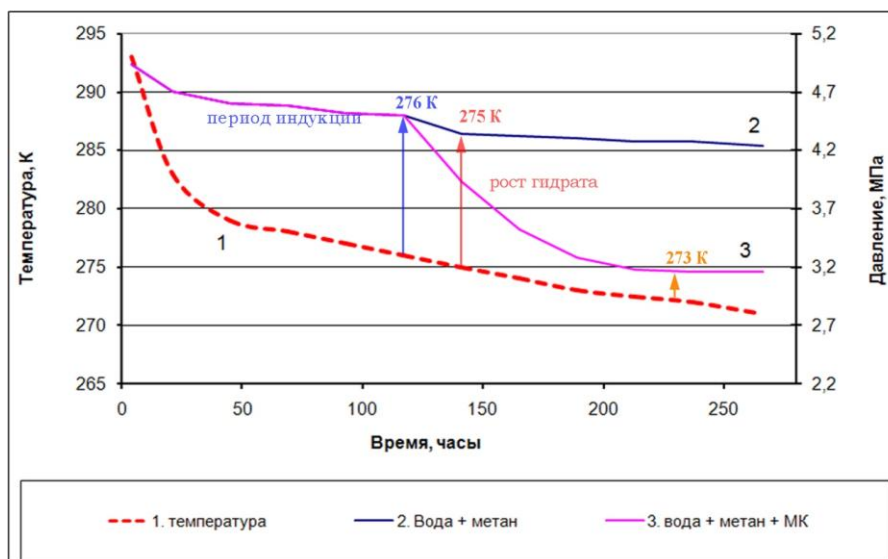


Рис. 3 – Динамика образования гидрата метана из воды без и в присутствии металлической конструкции (МК)

Затем, при температуре 276 К, происходит небольшое падение давления в системе за счет уже процесса гидратообразования, которое через несколько часов прекращается, так как гидратная корка, образующаяся на поверхности воды, препятствует росту гидрата внутри объема воды.

Иначе происходит гидратообразование в камере с металлической конструкцией: при 276 К происходит резкое падение давления, которое продолжается в течение суток и при переходе жидкой воды в лед прекращается. Таким образом, увеличение площади поверхности, на которой происходит рост гидрата, способствует более интенсивному гидратообразованию в системе «вода- метан».

Количественно индукционный период гидратообразования метана можно представить как меру метастабильности в виде изменения энергии Гиббса ( $-\Delta G$ ) системы при ее изотермном переходе из метастабильного состояния в равновесное при образовании моля гидрата по уравнению:

$$(-\Delta G) = RT \ln (P/P_0),$$

где  $P$  - давление в системе при температуре  $T$ ,  $P_0$  - равновесное давление гидратообразования при той же температуре [3]. На рисунке 4 представлен результат расчета обратной энергии Гиббса от времени индукции гидратообразования из метана.

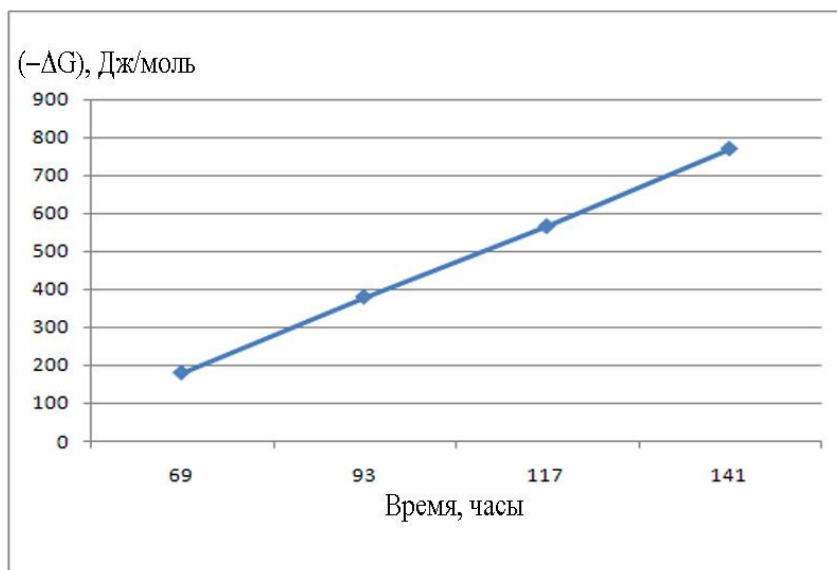


Рис. 4 – Динамика изменения энергии Гиббса системы «вода-метан» в период индукции

Видно, что во время индукции система постепенно накапливает свободную энергию, которая впоследствии расходуется на рост кристаллов гидрата. Особенно интересен факт практически идеально прямой зависимости данной характеристики, что указывает на равномерную скорость формирования зародышей кристаллов гидрата метана в закрытых условиях.

С применением тех же технологических приемов, которые использовались при получении гидратов метана, в закрытых камерах высокого давления также были искусственно получены гидраты этана.

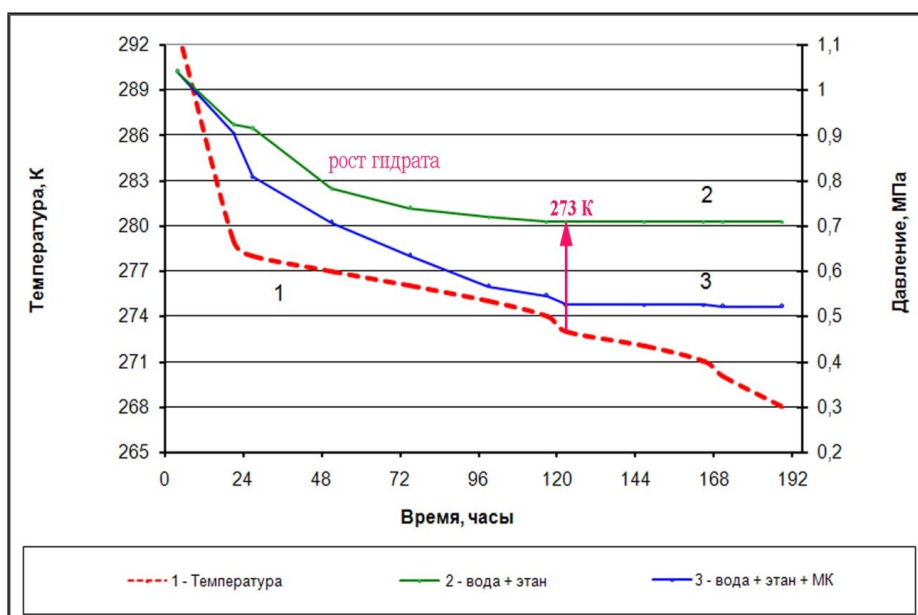


Рис. 5 – Динамика образования гидрата этана из воды без и в присутствии металлической конструкции



В случае с этаном, процесс гидратообразования протекает при положительных температурах, но практически без индукционного периода (рис. 5). Этан интенсивно переходит в гидрат даже в отсутствии дополнительной металлической поверхности, хотя в присутствии металлической конструкции гидратообразование процесс протекает значительно быстрее. Так, в изохорных условиях процесс образования гидрата этана протекает около 120 ч, то есть в 2 раза быстрее по сравнению с гидратообразованием метана.

В таблице 3 приведены результаты определения параметров структуры синтетических гидратов метана и этана.

Таблица 3 – Значения параметров структуры синтетических гидратов метана и этана

Параметр	Гидрат метана	Гидрат этана
$\theta_1$	0,9137	0
$\theta_2$	0,9803	0,9992
$n$	7,67	5,95
$\rho, \text{г/см}^3$	0,945	0,976

Установлено, что состав синтезированного гидрата метана описывается как  $7.67\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ , а состав гидрата этана практически идеален-  $5.95\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ . Степень заполнения метаном больших полостей больше, чем малых, что обеспечивает большую устойчивость гидратного каркаса. В ходе роста гидрата этана идет заполнение только больших полостей, причем, практически полностью. Таким образом, установлено, что элементарные решетки полученных в изохорных условиях синтетических гидратов метана содержат 7-8 молекул газа, а этана – 5-6. Установлено, что плотности обоих синтетических гидратов, полученных в закрытых камерах высокого давления меньше единицы, плотность гидрата этана несколько выше плотности гидрата метана (табл. 3).

Установлено, что в результате синтеза простых гидратов без использования металлической конструкции образуются лед-гидратные смеси с низким массовым содержанием гидрата: до 10 мас.% - для гидрата метана и около 20 мас.%- для гидрата этана. Показано, что использование дополнительной поверхности роста увеличивает гидратосодержание смесей: до 60 мас.% - для гидрата метана и до 80 мас.%- для гидрата этана.

Таким образом, гидратонасыщенность при синтезе в камерах закрытого типа пропорциональна площади свободной поверхности на которой, преимущественно, происходит рост кристаллических соединений.

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований, в камерах – реакторах закрытого типа в изохорных условиях получены синтетические гидраты метана и этана с высоким гидратосодержанием. Установлено, что дополнительная поверхность роста в виде (МК) внутри закрытой камеры- реактора высокого давления позволяет в 6-4 раз повысить содержание простых гидратов метана и этана в смесях лед- гидрат, соответственно.

Показано, что состав синтетически полученных гидратов метана описывается как  $7.67\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ , а состав гидрата этана практически идеален-  $5.95\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$ .

#### Литература

1. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов. - М.: Недра, 1974.-208 с.
2. Dendy Sloan, E. Clathrate hydrates of natural gases. Third Edition. - New York: Marcel Dekker, 1998, -730 p.
3. Нестеров А.Н. Кинетика и механизм гидратообразования газов в присутствии поверхностно-активных веществ: дис. ... д-ра хим. наук: - Тюмень, 2006. - 280 с.
4. Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. -М.: Недра, 1992.-236 с.
5. Parrish W.R., Prausnitz J.M. Dissociation pressures of gas hydrates formed by gas mixtures // Ind. Eng. Chem. Fundamentals. 1972.-V. 11.-№1.-P. 26-35.
6. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. - М. :Химия, 1980.-296 с.

#### References

1. Makogon Yu.F. Hydrates of natural gases. - M.: Subsoil, 1974.-208 pages.
2. Dendy Sloan, E. Clathrate hydrates of natural gases. Third Edition. - New York: Marcel Dekker, 1998,-730 p.
3. Nesterov A.N. Kinetics and the mechanism of hydrate formation of gases in the presence of surface-active substances: yew. ... Dr.s of chemical sciences: - Tyumen, 2006. - 280 pages.
4. Istomin V.A., Yakushev V. S. Gas hydrates in nature. - M.: Subsoil, 1992.-236 pages.
5. Parrish W.R., Prausnitz J.M. Dissociation pressures of gas hydrates formed by gas mixtures//Ind. Eng. Chem. Fundamentals. 1972. - V. 11.-№1. - P. 26-35.
6. Byk S.Sh., Makogon Yu.F., Fomina V. I. Gas hydrates. - M.: Chemistry, 1980.-296 pages.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.058

Литинская Е.Л.<sup>1</sup>, Базаев Н.А.<sup>2</sup>, Пожар К.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>аспирант,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»**БЛОК ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО  
ОПТИЧЕСКОГО НЕИНВАЗИВНОГО ГЛЮКОМЕТРА****Аннотация**

В данной статье рассматривается методика повышения точности измерения портативного оптического неинвазивного глюкометра за счёт уменьшения температурного дрейфа источника лазерного излучения. Предложена аппаратно-программная реализация данного метода с помощью системы из элемента Пельтье и терморезистора. Установлено, что данная система делает глюкометр пригодным как для мониторинга, так и для единичных измерений концентрации глюкозы в крови и позволяет в 10 раз снизить влияние температурного дрейфа на точность измерения.

**Ключевые слова:** сахарный диабет, концентрация глюкозы в крови, неинвазивный глюкометр, спектрофотометрический метод, термостабилизация, элемент Пельтье.

Litinskaia E.L.<sup>1</sup>, Bazaev N.A.<sup>2</sup>, Pozhar K.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>Undergraduate student, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>postgraduate student,  
National Research University of Electronic Technology "MIET"**THERMAL STABILIZATION UNIT FOR LASER LIGHT SOURCE OF PORTABLE OPTICAL  
NONINVASIVE GLUCOMETER****Abstract**

In the paper method of portable optical noninvasive glucometer measurement accuracy increase by laser light source temperature drift reduction is considered. Firmware implementation of the method with the use of Peltier cooler and thermoresistor system was suggested. It was established that the system makes optical noninvasive glucometer applicable for both monitoring and single blood glucose concentration measurement, and allows reducing temperature drift effect on measurement accuracy by 10 times.

**Keywords:** diabetes mellitus, blood glucose concentration, spectroscopic method, noninvasive glucometer, thermal stabilization, Peltier cooler.

Сахарный диабет – это эндокринное заболевание, характеризующееся хроническим повышением концентрации глюкозы в крови (КГК) вследствие абсолютного или относительного дефицита инсулина – гормона поджелудочной железы.

Во избежание тяжелых осложнений, пациентам, страдающим сахарным диабетом, приходится придерживаться специального ритма жизни, режима питания и медикаментозной терапии, чтобы поддерживать концентрацию глюкозы в крови в пределах нормы. Для своевременного принятия мер по компенсации сахарного диабета пациенту необходимо знать текущую КГК.

Для этих целей был создан ряд портативных приборов персонального применения, среди которых можно выделить три основных класса: приборы, измеряющие уровень глюкозы в крови инвазивными способами, то есть требующие прокалывание пальца и забор экзemplяра крови; минимально инвазивные приборы и системы постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови, т. е. системы, наносящие минимальные поражения коже и неинвазивные приборы и системы постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови, которые не требуют прямого забора крови и не наносят повреждений.

Наиболее актуальным направлением является разработка неинвазивных устройств мониторинга уровня глюкозы в крови, поскольку такие устройства не доставляет больному дискомфорта, и инфекционно безопасны. Кроме того, комфортность применения и отсутствие расходных материалов позволят проводить непрерывный мониторинг КГК, что обеспечит пользователя более полной информацией об уровне сахара в крови в течение длительного времени, что необходимо для правильной оценки протекания сахарного диабета и правильной терапии этого заболевания.

Наиболее перспективными методами неинвазивного измерения КГК являются оптические методы [1,2]. Основными оптическими методами оценки уровня глюкозы в крови являются:

- оценка КГК по углу поворота вектора поляризации;
- оценка КГК по скорости восстановления зрительного пигмента;
- оценка КГК по чувствительности визуальной системы;
- поляриметрия и измерение оптической активности;
- рамановская спектроскопия;
- спектрофотометрический метод.

Главным преимуществом этих методов является безопасность для организма. Принципиальная возможность создания неинвазивных глюкометров на оптических методах подтверждена многочисленными исследованиями.

Наиболее привлекательным для реализации является спектрофотометрический метод, основанный на расчёте коэффициентов ослабления инфракрасного (ИК) излучения, прошедшего через ткань, на разных длинах волн [3]. Для апробации данного подхода спроектирован и сконструирован экспериментальный образец портативного оптического неинвазивного глюкометра. Структурная схема данного устройства представлена на рисунке 1.

В качестве источника ИК излучения используется светоизлучающий диод или лазерный диод, работающий на длине волны поглощения глюкозы или близкой к ней. Микроконтроллер задает мощность лазерного диода в виде цифрового сигнала, который преобразуется в аналоговый с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). В

качестве детектора используется фотодиод, который регистрирует прошедшее через ткань излучение. Сигнал с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) преобразуется в цифровой и поступает на микроконтроллер. Процессор обрабатывает сигнал детектора и с учетом коэффициента ослабления тканью ИК излучения рассчитывает уровень глюкозы в крови. С целью визуализации КГК, калибровочных параметров системы и аварийных сигналов, используется цифровой дисплей. Также для удобства обработки полученных данных в устройстве предусмотрен обмен данными с компьютером с помощью интерфейса UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

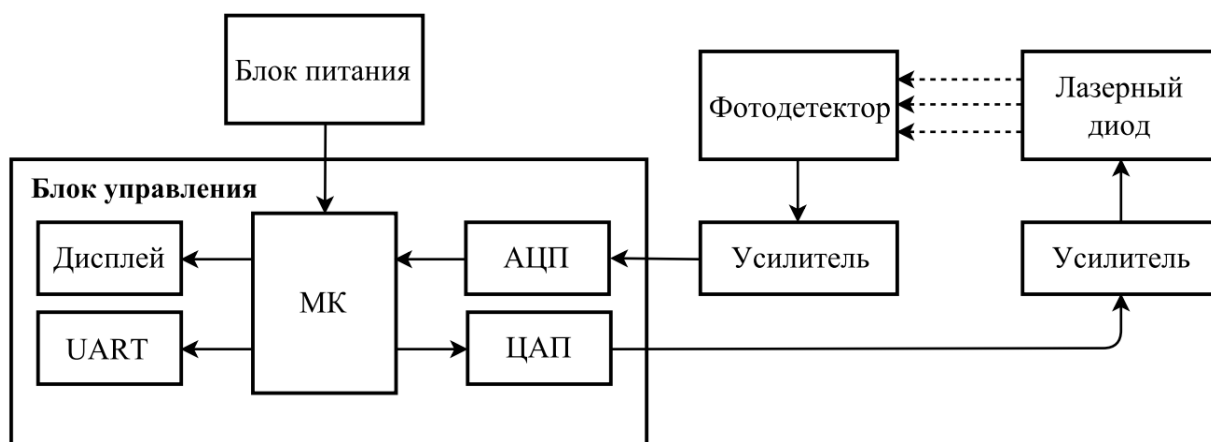


Рис. 1 – Структурная схема экспериментального образца портативного оптического неинвазивного глюкометра

При проведении первичных испытаний разработанной системы наблюдалось нелинейное изменение интенсивности излучения лазерного диода, связанного с нагревом лазера. С целью компенсации данного эффекта была разработана итерационная программа стабилизации температуры, вычисляющая временные параметры, обеспечивающие температурное равновесие при измерениях. Существенным недостатком программы является то, что компенсация температурного дрейфа с её помощью занимает порядка 30 минут. Это позволяет использовать её только при режиме мониторинга, где данные временные затраты не существенны, но не при единичных измерениях, длительность которых не должна превышать 1 минуты.

В качестве источника ИК излучения выбран лазерный диод с мощностью излучения 20мВт и длиной волны 1602,5 нм со встроенным термоэлектрическим модулем (элементом Пельтье) и терморезистором. Данная система позволяет регулировать температуру активной среды лазера, тем самым компенсируя нелинейное изменение интенсивности излучения, вызванное температурным дрейфом, и повысить точность измерений КГК.

Для управления термоэлектрическим модулем и терморезистором был разработан блок термостабилизации лазера [6]. На рисунке 2 представлена структурная схема системы из лазера и блока термостабилизации. С помощью резистивного делителя измеряется напряжение на терморезисторе, находящемся в лазере, которое регистрируется встроенным в микроконтроллер аналого-цифровым преобразователем. По значению напряжения рассчитывается температуры лазера. С помощью регулируемого источника тока происходит управление током, проходящим через элемент Пельтье. При этом происходит охлаждение той его стороны, которая контактирует с лазером. В качестве управляющего блока используется микроконтроллер. Для визуализации значения выходного тока используется светодиодная индикация.

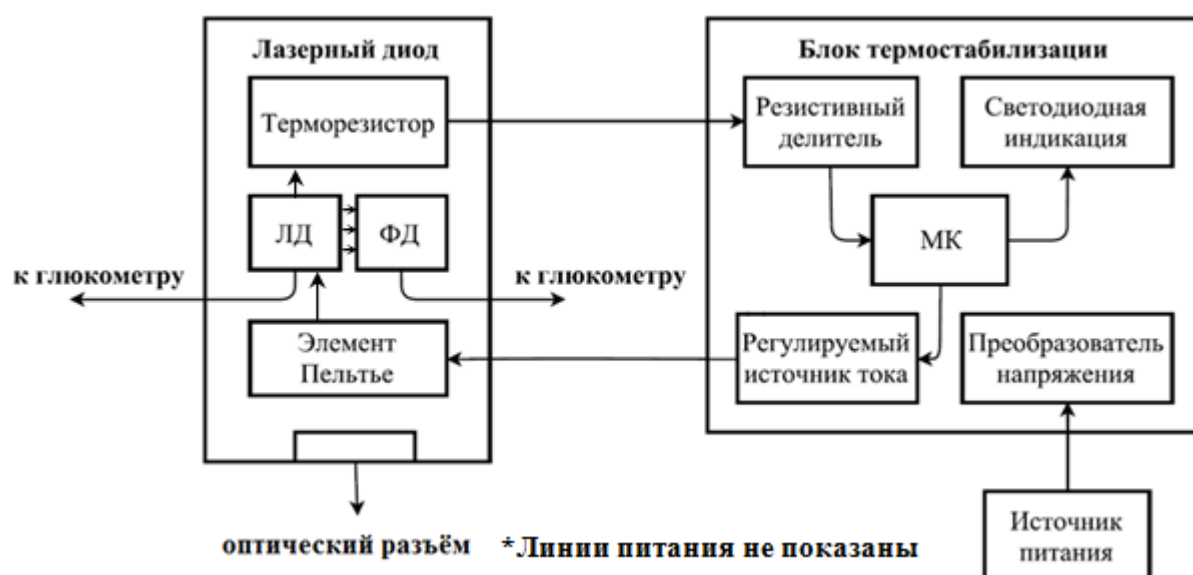


Рис. 2 – Структурная схема системы из лазера и блока термостабилизации

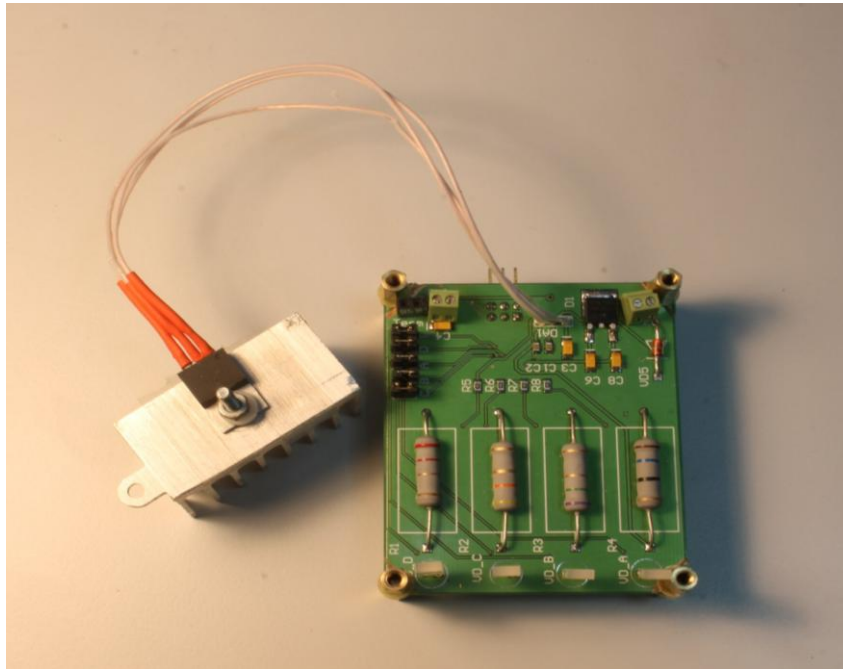


Рис. 3 – Внешний вид блока термостабилизации

Определение тока, который необходимо подать на элемент Пельтье происходит с помощью ПИД регулятора. На вход ПИД регулятора подаётся разность между необходимой и измеренной температурой лазера, в соответствии с которой он автоматически подбирает коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференциальной составляющих регулятора и управляет мощностью элемента Пельтье.

На рисунке 4 представлен алгоритм функционирования разработанного блока термостабилизации. При включении устройства происходит его первоначальная инициализация. Во время измерения КГК каждые 200 мс определяется температура лазера и устанавливается необходимая для его стабилизации мощность элемента Пельтье. На рисунке 5 представлена динамика температуры лазерного диода при выключенном блоке термостабилизации и при включённом.

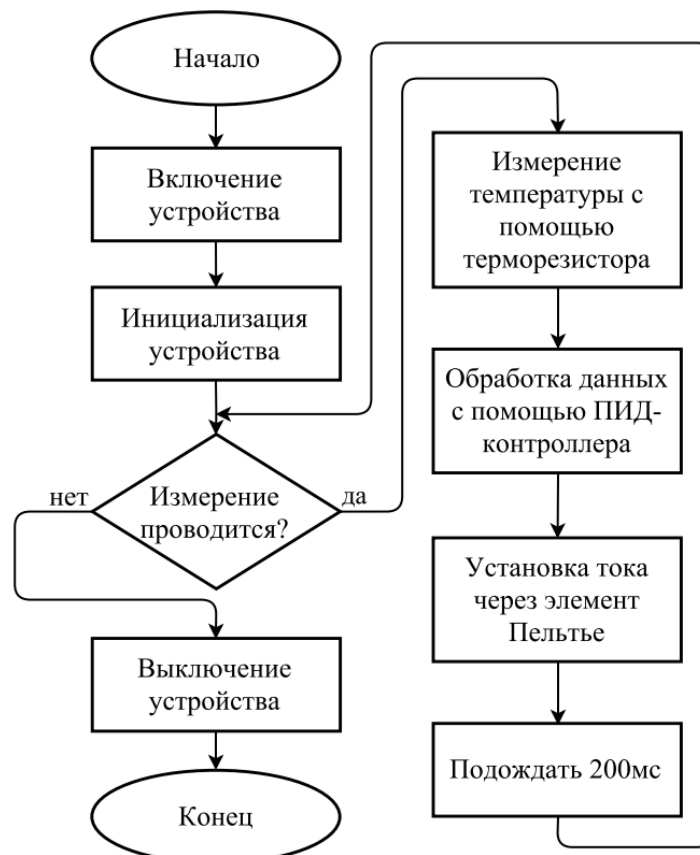


Рис. 4 – Алгоритм функционирования блока термостабилизации

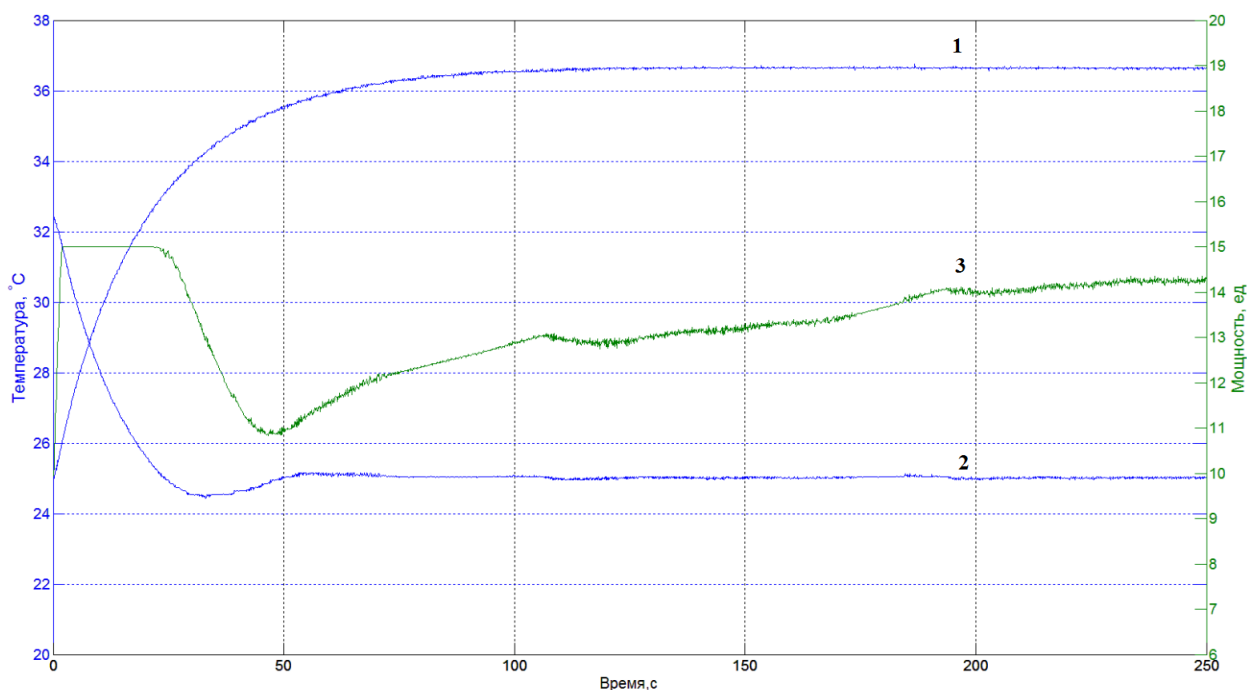


Рис. 5 – Динамика температуры лазерного диода: при выключенном элементе Пельтье (1);  
при включённом элементе Пельтье (2);  
динамика тока, протекающего через элемент Пельтье (3)

В результате проведённой работы разработан блок термостабилизации лазерного диода для портативного оптического неинвазивного глюкометра, а также алгоритм функционирования данного блока. Разработанная система позволяет поддерживать температуру на заданном уровне, компенсируя нелинейное изменение интенсивности излучения, тем самым на порядок понижая влияние температурного дрейфа на точность измерения концентрации глюкозы в крови. Также она позволяет производить стабилизацию температуры в течение ~15-30 секунд по сравнению итерационной программой термостабилизации, которой требовалось ~30 минут. Это делает её пригодной как для мониторинга, так и для единичных измерений.

#### Литература

1. Castano J.A. Optical method and device for determining blood glucose levels // Patent № 6113537. – USA. – October 15, 1997.
2. Acosta G., Henderson J.R., Monfre S.L., Blank T.B., Hazen K.H. Compact apparatus for noninvasive measurement of glucose through near-infrared spectroscopy // Patent № 20050020892. – USA. – April 7, 2004.
3. Burmeister J.J., Arnold M.A. Evaluation of measurement sites for noninvasive blood glucose sensing with near-infrared transmission spectroscopy // Clinical Chemistry. –1999. – Vol. 45. – N 9. – P 1621-1627.
4. Литинская Е.Л., Пожар К.В. Разработка блока термостабилизации для оптической системы экспериментального образца портативного оптического неинвазивного глюкометра // Микроэлектроника и информатика. 23-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов – М.: МИЭТ. – 2016. – с.269.

#### References

1. Castano J.A. Optical method and device for determining blood glucose levels // Patent № 6113537. – USA. – October 15, 1997.
2. Acosta G., Henderson J.R., Monfre S.L., Blank T.B., Hazen K.H. Compact apparatus for noninvasive measurement of glucose through near-infrared spectroscopy // Patent № 20050020892. – USA. – April 7, 2004.
3. Burmeister J.J., Arnold M.A. Evaluation of measurement sites for noninvasive blood glucose sensing with near-infrared transmission spectroscopy // Clinical Chemistry. –1999. – Vol. 45. – N 9. – P 1621-1627.
4. Litinskaja E.L., Pozhar K.V. Razrabotka bloka termostabilizacii dlja opticheskoy sistemy jeksperimental'nogo obrazca portativnogo opticheskogo neinvazivnogo gljukometra // Mikroelektronika i informatika. 23-ja Vserossijskaja mezhvuzovskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija studentov i aspirantov: Tezisy dokladov – M.: MIJeT. – 2016. – s.269.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.011

Марцуков А.А.<sup>1</sup>, Мамедов Р.К.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4943-3109, Аспирант,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8640-9581, доктор технических наук, доцент,

Университет ИТМО

**СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АТОМНО – ЭМИССИОННОГО АНАЛИЗА  
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ****Аннотация**

*В статье рассматриваются новые средства повышения эффективности атомно-эмиссионного спектрального анализа металлов и сплавов, благодаря которым появляется возможность сократить количество калибровочных образцов, объединить несколько измерительных методик в одну, сократить время и удешевить процесс анализа образцов. Необходимость разработки таких средств обусловлена тем, что применяемые на сегодняшний день в аналитической практике методики атомно-эмиссионного спектрального анализа металлов и сплавов для охвата широкого диапазона измеряемых концентраций анализируемых элементов требуют большого количества калибровочных образцов и предполагают раздельный анализ сталей различных марок. Следствием этого является высокая стоимость калибровок приборов при больших временных затратах на процессы калибровок приборов и последующих измерений.*

**Ключевые слова:** атомно-эмиссионный спектральный анализ, спектрометр, методика спектрального анализа, позиционно-чувствительный детектор.

Martsukov A.A.<sup>1</sup>, Mamedov R.K.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-4943-3109, Postgraduate student,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8640-9581, Doctor in technics, Associate professor,

ITMO University.

**MEANS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF ATOMIC – EMISSION ANALYSIS OF METALS  
AND ALLOYS****Abstract**

*The article presents new means of improving the efficiency of atomic emission spectral analysis of metals and alloys, owing to which it becomes possible to reduce the number of calibration samples, to combine multiple measuring techniques in one, to reduce the time and cost involved analysis of samples. The necessity of development such means due to the fact that the methodics of atomic-emission spectral analysis of metals and alloys used at present in analytical practice in need to cover a wide range of measured concentrations of the analyzed elements require a large number of calibration samples and require separate analysis of various grades of steel. The consequence of this is the high cost of calibrations of instruments for time-consuming processes for the calibration of the instrument and subsequent measurements.*

**Keywords:** The atomic-emission spectral analysis, spectrometer, technique of the spectral analysis, the positionally - sensitive detector.

**П**рименяемые на сегодняшний день методы и средства атомно-эмиссионного спектрального (АЭС) анализа имеют ряд недостатков.

Так, в методиках, применяемых в практике АЭС-анализа металлов и сплавов, используется избыточное количество калибровочных образцов для охвата всего диапазона измеряемых концентраций анализируемых элементов. Кроме того эти методики предполагают раздельный анализ сталей разных марок. Следствием этого является высокая стоимость калибровок приборов, а так же большие временные затраты, на осуществления как калибровок приборов, так и последующих измерений.

Всё это обусловило необходимость разработки новой методики анализа сталей, предполагающей сокращение общего количества калибровочных образцов и оптимизации измерительного процесса, а так же возможность совместного АЭС-анализа сталей разных марок, без разделения на отдельные методики для каждого типа сталей (низколегированных, нержавеющей, хромистых, хромоникелевых, марганцевых и быстрорежущих).

В результате проведённых нами аналитических исследований, из 181 государственного стандартного образца (ГСО) для калибровки, применяемых для стандартных шести методик, путём исключения ГСО с аналогичным содержанием химических элементов, был выбран 101 стандартный образец, достаточный для решения всех аналитических задач при спектральном анализе сталей различных марок, при условии общей калибровки по всем маркам.

Такое многообразие методик и ГСО обусловлено индивидуальным химическим составом сталей различных марок, требующим наличия разных калибровочных проб, а так же различными прочностными, коррозионно-стойкими и электропроводящими свойствами этих материалов, требующих, в свою очередь, отдельной настройки соответствующих параметров генератора возбуждения спектров в анализируемых образцах.

Далее, из сокращенного массива стандартных образцов, путём исключения ГСО, дублирующихся в разных методиках, были выбраны 30 непересекающихся по содержанию химических элементов ГСО, имеющих минимальные и максимальные концентрации анализируемых элементов.

При этом, нами были экспериментально подобраны такие параметры генератора возбуждения спектров, чтобы атомизация проб для разных типов сталей была достаточной для получения чётких спектров по каждому анализируемому элементу.

Перечень ГСО, выбранных нами для калибровок спектрометров по разработанной общей методике анализа сталей:

I. ГСО на низколегированные стали (вместо 37 ГСО в стандартной методике).

1-2. Комплект УГ: УГ28, УГ32.

3. Комплект УГв: УГ2в.

4-8. Комплект УГи: УГ2и, УГ4и, УГ6и, УГ8и, УГ9и.

9. Комплект 130: 130-15.

II, III и IV. ГСО на нержавеющие, хромистые и хромоникелевые стали (вместо 24, 26 и 33 ГСО в стандартных методиках).

10-14. Комплект ЛГ: ЛГ34, ЛГ56, ЛГ62, ЛГ63, ЛГ64.

15-16. Комплект ЛГв: ЛГ1в, ЛГ9в.

17-18. Комплект 136: 136-1, 136-4.

19. Комплект 181: 181-2006(1950).

20. Комплект 10в: 104в.

21-22. Комплект 118: 1183, 1184.

23. Комплект 1ФМ: 1ФМ29.

24-25. Комплект 2ФМ: 2ФМ3, 2ФМ7.

V и VI. ГСО на марганцевые и быстрорежущие стали (вместо 29 и 32 ГСО в стандартных методиках).

26. Комплект 126: 1264.

27-28. Комплект ЛРГ: ЛРГ7, ЛРГ11.

29-30. Комплект РГ: РГ14, РГ18.

Использование в аналитической практике представленных ГСО позволяет осуществлять атомно-эмиссионный спектральный анализ сталей различных марок и в том числе низколегированных, нержавеющих, хромистых, хромоникелевых, марганцевых и быстрорежущих. При этом измерительная методика, базирующаяся на использовании значительно сокращенного количества ГСО, позволяет упростить и ускорить измерительный процесс как за счет сокращения количества государственных стандартных калибровочных образцов, так и за счет исключения необходимости повторных измерений проб, входящих в несколько методик. Эта методика получила название «Единой методики» поскольку по своим функциональным возможностям объединила все ранее использованные измерительные методики и, при этом, позволила оптимизировать сам измерительный процесс.

Разработанная «Единая методика» была апробирована на промышленных АЭС-приборах типа «МСА II». Так же предполагается её применение на перспективных АЭС-анализаторах типа «МСА V».

Подводя итоги проделанной работы по методической части повышения эффективности АЭС-анализа металлов и сплавов, можно заключить, что предложенная нами измерительная методика позволила сократить количество государственных стандартных образцов (ГСО), требуемых для калибровки одного прибора на все марки стали в 6 раз – со 181 до 30 штук [1, 2, 3]. Кроме того, новая методика предполагает возможность объединения 6 стандартных методик анализа разных марок сталей в одну универсальную «Единую методику» анализа сталей и сплавов.

Как показали результаты исследований, практическая реализация новой методики требует и обоснованного выбора АЭС-анализатора.

Используемые на сегодняшний день методики АЭС-анализа предполагают необходимость преобразования аналитического сигнала после его регистрации приёмником излучения в цифровую форму, требуемую для последующей компьютерной обработки полученной информации. Для реализации такой возможности необходимо использование АЭС-анализаторов базирующихся на двух основных типах приёмников излучения: фотоэлектронных умножителях (ФЭУ) и ПЗС-линейках. В этой связи нами были выполнены сравнительные исследования метрологических характеристик и, в частности, порога обнаружения, сходимости и воспроизводимости измерений, а так же спектро-аналитических возможностей приборов базирующихся на ФЭУ и ПЗС-линейках. Исследования выполнялись на приборах ДФС-51 и МСА-II, разработки ЗАО «Спектральная лаборатория».

В своих исследованиях мы сравнивали несколько метрологических показателей сравниваемых типов спектрометров. Значения концентраций химических элементов анализируемых проб – для определения того, какой тип приборов показывает более достоверную информацию. Среднеквадратическое отклонение результатов серии измерений, выполненных на каждом из исследуемых АЭС-приборов в первый и второй день исследований – для определения сходимости и воспроизводимости результатов измерений каждого типа приборов, соответственно. Так же мы сравнили абсолютное и относительное отклонения результатов спектрального анализа для каждого из указанных химических элементов в пробе, для того, чтобы определить, какой тип приборов по этому показателю будет ближе к значениям, рекомендуемым в ГОСТ 18895-97 [4].

Для проведения наших исследований был выбран комплект ГСО на низколегированные стали, наиболее полно охватывающий концентрации химических элементов, входящих в этот тип сталей.

Далее из этого комплекта были выбраны 2 образца, содержание химических элементов в которых близко к максимальным либо минимальным значениям по всему комплекту. Такая работа была проведена для оптимизации процесса исследования, с таким условием, чтобы полученные на сравниваемых приборах спектры максимально точно охватывали требуемый диапазон измерений выбранного комплекта стандартных образцов, при отсутствии дублирующей информации, что позволило провести исследования в максимально сжатые сроки и высокой долей достоверности.

Исследования проводились в два этапа: на первом этапе сравнивалась сходимость результатов измерений, на втором – их воспроизводимость. На каждом этапе осуществлялся контроль порогов обнаружения и достоверности получаемых результатов относительно паспортных значений концентраций химических элементов.

В исследованиях участвовало по три прибора каждого типа, среди которых, по результатам проведённого спектрального анализа, был выбран эталонный по своим метрологическим характеристикам, что позволило сделать результаты исследования более достоверными, путём сопоставления результатов каждого прибора с эталонным.

Как показали сравнительные исследования, проведённые на приборах обоих типов, значения концентраций химических элементов в пробах, а так же максимальные значения среднеквадратического, абсолютного и относительного отклонений для исследуемых спектрометров не превышают допустимых значений по ГОСТ 18895-97 [4] как на приборах с ФЭУ, так и с ПЗС-линейками в качестве приёмников оптического излучения. Однако выявляется важный недостаток АЭС-анализаторов, основанных на ФЭУ – недостаточное количество аналитических каналов, в отличие от аналогичных приборов с ПЗС-линейками в качестве приёмников излучения, которые позволяют выбрать любое число аналитических спектральных линий и линий сравнения в анализируемом диапазоне частот.

Этот недостаток не позволяет спектрометрам с фотокатодными вакуумными трубками в полной мере оценить химический состав анализируемого образца, в случае сложного химического состава, и не оставляет возможностей для обнаружения примесных химических элементов, которые могут находиться в материале в количествах, не допустимых как по отраслевым, так и по государственным нормам и стандартам. Такие примесные элементы могут приводить к ухудшению различных характеристик конечного сплава, таких как: электропроводность, коррозионная стойкость, способность к упругой деформации, твёрдость, способность держать заточку (для инструментальных марок).

По результатам наших исследований можно сделать вывод, что по своим основным метрологическим параметрам и характеристикам оба типа приборов близки друг другу и удовлетворяют соответствующим требованиям метрологической аттестации такого типа приборов. Существенным эксплуатационным отличием этих приборов друг от друга является то, что в процессе анализа, приборы, использующие в качестве фотоприёмников ФЭУ, в каждый момент времени позволяют анализировать дискретные значения аналитических сигналов отдельных спектральных линий. При этом, приборы, оснащённые ПЗС-линейками, позволяют регистрировать аналитический сигнал во всем рабочем спектральном диапазоне прибора. Это ускоряет процесс калибровки, так как спектральная характеристика каждого стандартного образца даёт возможность зафиксировать спектральные линии всех химических элементов, входящих в него и, в том числе, примесных. Данный факт указывает на более широкие аналитические возможности приборов оснащённых ПЗС-линейками и, тем самым, обуславливает их преимущество перед своими аналогами, базирующимися на ФЭУ.

Таким образом, совокупность методических разработок и экспериментальных исследований, совместно с предложенными практическими рекомендациями по выбору приборной базы для АЭС-анализа, позволили нам разработать новые эффективные средства АЭС-анализа металлов и сплавов, которые могут быть рекомендованы для практического использования в промышленных и научных лабораториях соответствующего профиля.

#### Литература

1. Марцуков А.А., Мамедов Р.К. Разработка и аттестация «Единой методики» спектрального анализа сталей различных марок // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22733> (дата обращения: 30.05.2016).
2. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки // Москва: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
3. ГОСТ 5632-2014 Легированные и нержавеющей стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки // Москва: Стандартинформ, 2015. – 48 с.
4. ГОСТ 18895-97 Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа // Минск: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 12 с.

#### References

1. Martsukov A.A., Mamedov R.K. Razrabotka i attestacija «Edinoj metodiki» spektral'nogo analiza stalej razlichnyh marok // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2015. – № 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22733> (data obrashhenija: 30.05.2016).
2. GOST 380-2005 Stal' uglerodistaja obyknovennogo kachestva. Marki // Moskva: Standartinform, 2007. – 7 s.
3. GOST 5632-2014 Legirovannye i nerzhavějushhie stali i splavy korrozionno-stojkie, zharostojkie i zharoprochnye. Marki // Moskva: Standartinform, 2015. – 48 s.
4. GOST 18895-97 Stal'. Metod fotoelektricheskogo spektral'nogo analiza // Minsk: IPK Izdatel'stvo standartov, 1998. – 12 s.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.048

Молчанова Е.Д.<sup>1</sup>, Польшинская М.М.<sup>2</sup><sup>1,2</sup>Кандидат технических наук,

Иркутский государственный университет путей сообщения

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ****Аннотация**

Статья посвящена анализу проблем внедрения профессиональных стандартов в основные образовательные стандарты на примере направления 27.03.02 Управление качеством (уровень бакалавриата). В статье представлены результаты, полученные в результате анализа на основе методических рекомендаций Министерства образования и науки РФ, посредством сопоставления следующих единиц ФГОС ВО и проф. стандартов: виды деятельности и обобщенные трудовые функции, профессиональные компетенции и трудовые функции, практический опыт и трудовые действия, а также по отношению к разделам умений и знаний.

**Ключевые слова:** профессиональный стандарт, образовательная программа, конкуренция, квалификация, трудовая функция, профессиональные компетенции.

Molchanova E.D.<sup>1</sup>, Polinskaya M.M.<sup>2</sup><sup>1,2</sup>PhD in Engineering,

Irkutsk state University of railway engineering

**QUALITY ASSURANCE EDUCATIONAL PROGRAMS ON THE BASIS PROFESSIONAL STANDARDS****Abstract**

The article analyzes the problems of the introduction of professional standards in basic educational standards on 27.03.02 quality Management (undergraduate level). The article presents the results of the analysis on the basis of methodical recommendations of the Ministry of education and science of the Russian Federation, by comparing the following units IN FSES and professional standards: the activities and summarized work performance, professional competence and work performance, practical experience and labor actions, as well as in relation to sections skills and knowledge.

**Keywords:** professional standard, educational program, competition, qualification, employment function, professional competence.

В настоящее время система российского образования претерпевает реструктуризацию. Изменения касаются уровней обучения, методик преподавания и, конечно, области материала, который обеспечивает определенный процент знаний выпускников. Специальность «Управление качеством» впервые была введена в перечень направлений, реализуемых вузами в нашей стране в 2000 году и была воспринята представителями организаций достаточно неоднозначно. Многие относили ее к экономическим специальностям и воспринимали ее как нечто неопределенное. Специалист в сфере управления качеством имел своеобразную квалификацию: инженер-менеджер. Во-первых, инженер – это специалист в области техники и технологий, который на достаточно высоком уровне мог обеспечить производственный процесс, во-вторых, менеджер, который наравне с инженерным подходом мог спроектировать и организовать систему ведения дел в организации по отношению к руководству и его взаимоотношению между сотрудниками в организации.

Совместно с новым направлением специальности, среди руководителей крупных производственных организаций, развивалось и понимание внедрять требования международных стандартов на системы менеджмента качества. Первые попытки реализации этих требований имели незначительный положительный опыт за счет самообучения некоторых индивидов в организации, которым вменялось адаптировать новые требования в деятельность организаций. Именно в начале 2000-х годов университеты начали взаимодействовать с предприятиями и организациями в рамках обучения специалистов высшего и среднего звена нововведениям в области систем менеджмента качества.

Сегодня ни одно уважающее себя предприятие не обходится без системы менеджмента качества и востребованность специалистов, теперь уже бакалавров, в области управления качеством достаточно определена. Еще на стадии обучения студенты в рамках научно-исследовательских работ приносят много полезного в организации или на производстве. На специалистов, имеющих соответствующее образование, накладывают определенную ответственность, потому что обеспечивать качество продукции, процессов или услуг, в том числе в сфере железнодорожного транспорта, является необходимым и важным условием.

Тем не менее, в своих требованиях к формированию специалистов представители производств формулируют свои предпочтения и на сегодня эти предпочтения отражены в профессиональных стандартах (ПС), разрабатываемых сообществом работодателей.

В Российской Федерации, согласно части 8 статьи 73 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ профессиональное обучение с 01.06.2016 г., будет определяться конкретной программой профессионального обучения, спроектированной и согласованной на основе ПС.

Для подготовки к реализации вышеуказанных требований необходимым является проведение анализа основных образовательных программ (ООП) на предмет соответствия ПС, имеющим прямое отношение в части установления квалификационных требований [1].

Применение профессиональных стандартов при разработке образовательных программ также предусмотрено Правилами разработки, утверждения и применения ПС [2]. Соответственно, их использование - обязательное условие разработки программ (модулей, частей программ), обеспечивающих готовность к выполнению того или иного вида профессиональной деятельности. В связи с этим далее в статье будут рассматриваться вопросы учета требований ПС

при разработке основной образовательной программы по направлению 27.03.02 – Управление качеством (уровень бакалавриата).

Алгоритм разработки основных профессиональных образовательных программ (ОПОП) высшего образования с учетом соответствующих ПС проводился на основе методических рекомендаций по разработке ОПОП и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих ПС, утвержденных Министерством образования в 2015 г. [3].

Пошаговая инструкция предусматривает создание рабочей группы по разработке комплекта документов ООП, сформированной с привлечением профессорско-преподавательского состава кафедры, специалистов предприятий, в частности служб, связанных с деятельностью в области управления качеством и выпускников данного направления.

Задачей рабочей группы является разработка согласованных подходов к разработке ОПОП с точки зрения обеспечения учета требований, соответствующих ПС, либо иных квалификационных требований, закрепленных нормативными правовыми актами Правительства Российской Федерации. Рабочая группа выполняет следующие виды работ:

- создание модели компетенций выпускника с учетом требований ПС;
- выбор образовательной технологии системного уровня;
- разработка подходящей системы оценки и обеспечения качества образовательной услуги, направленной на обеспечении логичности всей учебной программы и функционирования элементов обратной связи;
- подготовка рекомендаций для разработчиков рабочих программ дисциплин /модулей.

Выбор ПС осуществлялся с учетом наименования направления высшего образования: несколько ПС, каждый из которых отражает специфику деятельности в области управления качеством и описывает одну из квалификаций, осваиваемых при изучении программы.

Поиск ПС проводился на сайте Минтруда России, где размещен Национальный реестр, включающий утвержденные нормативные документы.

В настоящее время, в рамках реализации направления 27.03.02. – Управление качеством, применимыми являются два ПС:

- 1) «Специалист по качеству продукции», рег. номер 250, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ № 856н от 31.10.2014;
- 2) «Внутренний аудитор», рег. номер 441, утвержденный Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 398н от 24.06.2015 г.

На следующем этапе был проведен анализ на предмет соответствия требований ПС требованиям ФГОС и направленности программы с целью формирования модели компетенций выпускника, максимально подготовленного к профессиональной деятельности и обладающего необходимым объемом знаний в области управления качеством.

В результате сопоставления вышеперечисленных документов были выявлены трудовые функции, приобретение которых требует ПС, но не отражены в профессиональных компетенциях. В результате проведенного анализа была выявлена необходимость совершенствования ООП в части формирования дополнительного вида деятельности, например, «Производственно-эксплуатационная деятельность» и соответствующих профессионально-специализированных компетенций (ПСК), например, способность выявлять и анализировать требования потребителей к продукции (услуге) – ПСК-1; способность проводить работы по обеспечению удовлетворенности потребителей – ПСК-2.

На следующем этапе работы рабочей группы была сформирована модель компетенций выпускника, представленная на рисунке 1.

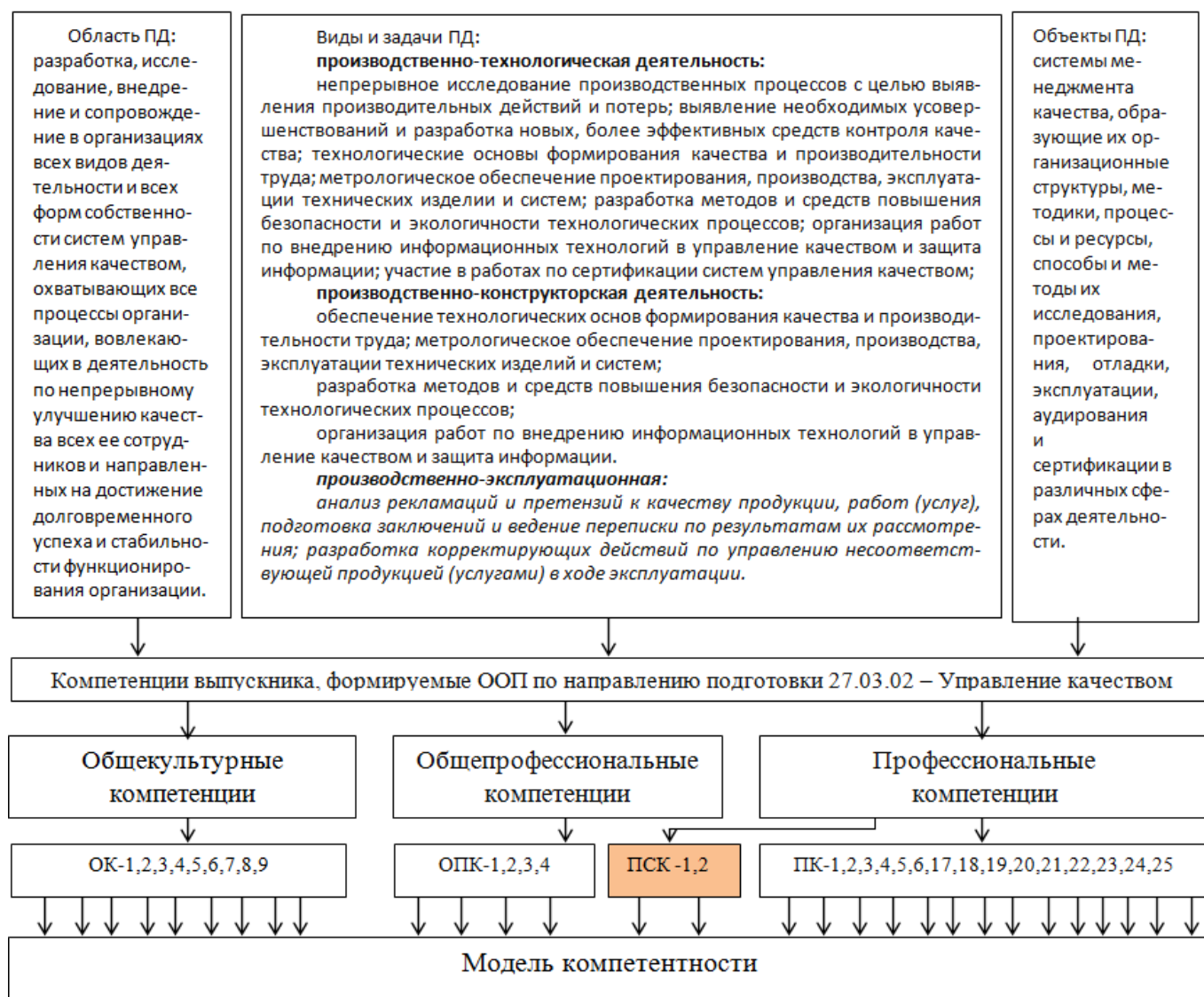


Рис. 1 – Компетентностная модель выпускника по направлению 27.03.02 – Управление качеством

Таким образом, на данном этапе выполнения научно-методической работы, была выполнена первая задача: разработка модели компетенций выпускника с учетом ПС, в результате которой были сформулированы дополнительный вид деятельности и профессионально-специальные компетенции, в результате чего была сформирована модель компетенций выпускника по направлению 27.03.02 – Управление качеством.

#### Литература

1. Прокопов Ф.Т. Анализ применения профессиональных стандартов, 2014. – URL: <https://www.hse.ru/org/projects/123845229> (дата обращения 18.04.2016);
2. Постановление Правительства РФ от 22 января 2013 г. N 23 "О Правилах разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов" (с изменениями и дополнениями).
3. Методические рекомендации по разработке основных профессиональных образовательных программ и дополнительных профессиональных программ с учетом соответствующих профессиональных стандартов, утверждены Министерством образования 22.01.2015 № ДЛ-1/05вн. URL: <http://www.fgosvo.ru/news/21/612> (дата обращения 18.04.2016)

#### References

1. Prokopov, F. T. analysis of the application of professional standards, 2014. – URL: <https://www.hse.ru/org/projects/123845229> (accessed 18.04.2016);
2. The RF Government decree of January 22, 2013 No. 23 "On Rules of development, approval and application of professional standards" (with changes and additions).
3. Guidelines for the development of the basic professional educational programs and additional professional programs with professional standards, approved on approved by the Ministry of education 22.01.2015 No. DL-1/05vn. URL: <http://www.fgosvo.ru/news/21/612> (accessed 18.04.2016)

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.019

Настенко Е.А.<sup>1</sup>, Носовец Е.К.<sup>2</sup>, Григорьевский Е.С.<sup>3</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1076-9337, Доктор биологических наук, старший научный сотрудник;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-1288-3528, Кандидат технических наук;<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-5274-2944, Магистр,

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

**МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА БРЕНДОНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ****Аннотация**

В статье рассмотрено – возможность модификации алгоритма Брендона для построения нелинейных регрессионных моделей за счет повторного поиска нового множителя из сформированной выборки данной, вариации использования логарифмических функций для снижения влияния шума исходных данных и тригонометрических функций для описания циклических процессов. Данный метод реализовано в виде программного продукта. Его работоспособность проверена на тестовой выборке. Полученные результаты свидетельствуют о повышении точности моделирования по сравнению со стандартными методами нелинейного регрессионного анализа.

**Ключевые слова:** моделирование, регрессия, нелинейность.

Nastenko Ie.A.<sup>1</sup>, Nosovets O.K.<sup>2</sup>, Hryhorevskiy Ye.S.<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-1076-9337, PhD in Biology, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1825-0023, PhD in Engineering,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-5274-2944, Master degree student,

National Technical University of Ukraine “KPI”

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE METAL DETERGENT PRODUCTION PROJECT****Abstract**

The article considers introduction of the ability to modify Brandon algorithm for constructing non-linear regression models by re-find a new factor of the formed sample of this, variations in the use of logarithmic functions to reduce the impact of noise source data and the trigonometric functions for description of cyclic processes. This method is implemented as a program product. Its efficiency is tested on a test sample. The results show an increase in accuracy of modeling as compared with the standard methods of nonlinear regression analysis.

**Keywords:** modeling, regression, non-linearity.

В процессе познания окружающего мира важную роль играет создание моделей и их исследования. Изучение модели дает представление о внутренней структуре исследуемой системы, о процессах, протекающих в ней, позволяет выделить наиболее значимые элементы системы, предусмотреть их поведение и, по возможности, влиять на развитие ситуации.

Развитие современных методов обработки данных позволяет на новом уровне решить проблемы моделирования объектов и систем в разных сферах человеческой деятельности. Количество алгоритмов направленных на решение подобных задач возрастает, однако не все они применимы при моделировании реальных систем различной сложности.

Большинство существующих алгоритмов, как правило, имеют высокую чувствительность к шуму и (или) корреляции входных параметров, требуя предварительного проведения факторного анализа для выделения основных входных параметров [1]. Или же накладывают ограничения на структуру получаемую модель (линейная, полиномиальная и т.д.) [2].

Алгоритмы, в которых данные недостатки частично устранены имеют неявный анализ, который может исследовать и выделять основные параметры модели, однако имеют сложную структуру и реализацию.

Целью данного исследования является модификация существующего алгоритма Брендона для построения нелинейных (периодических) регрессионных моделей, с низкой чувствительностью к шуму и возможной корреляцией входных статистических данных. Данные условия необходимы для построения математических моделей реальных объектов, процессов и систем.

Анализ возможности модификации существующих методов моделирования показал наибольшую перспективность алгоритма Брендона [3].

Данный алгоритм является достаточно простым, имеет неявное устранение корреляционных проблем входных данных и достаточно гибкий для разработки определенных модификаций.

Недостатками можно выделить избыточность результирующей модели за счет умножения всех включенных входных параметров, и проблемы присущие и другим существующим алгоритмам, а именно получение полиномов, которые достаточно плохо описывают периодические процессы.

Данные недостатки могут быть устранены с помощью модификации и получения нелинейных математических моделей различной сложности, представленных формулой (1):

$$F(X_1, \dots, X_k) = \prod_{i=0}^m ((A_{li} \times F_l(X_i) + B_{li})^{p_{li}}) \quad (1)$$

где

–  $F(X_1, \dots, X_k)$  – искомая регрессионная модель исследуемого процесса;

–  $X_i$  – входные параметры исследуемых данных,  $1 < i < k$ ;

- $F_l(X_i)$  – допустимо-возможная математическая функция для описания исследуемого процесса (в простейшем виде – линейная);
- $l$  – вариативность допустимо-возможных математических функций в искомой математической модели,  $l > 1$ ;
- $A_{li}, B_{li}$  – коэффициенты парной регрессии входного параметра  $X_i$  для допустимо-возможной функции  $F_l$ , которые вычисляются с помощью МНК;
- $p_{li}$  – степень  $i$ -го множителя полинома  $l$ -ой допустимо-возможной функции,  $p \in Z$ .

Предположим, что у нас имеется некий исследуемый процесс  $Y$ , имеющий  $n$  наблюдений  $k$  факторов. Тогда входные данные можно представить в матричном виде (рис. 1):

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	...	X <sub>k</sub>
1					
2					
...				...	
n					

Рис. 1 – Матрица входных данных исследуемого процесса

Необходимо определить допустимо-возможные функции  $F_l$ , которые могут быть в искомой регрессионной модели. Допустимо-возможной функций может быть одна из линейных, логарифмических, степенных или тригонометрических функций.

Допустим, что входные данные являются линейной функцией вида  $F_l(X_i) = X_i$ , тогда расширим выборку входных данных, рассчитав значения для выбранных возможно-допустимых функций (рис. 2).

	Y	$F_1(X_i)$		$F_l(X_i)$		$F_t(X_i)$
1						
2						
...						
n						

Рис. 2 – Матрица входных данных с допустимо-возможными функциями  $F_l$

Подготовив входные данные, необходимо выполнить следующий алгоритм для получения результирующей модели (форм. 1):

1. Провести нормализацию данных.
2. Сформировать целевую последовательность данных  $R$ , инициализируя ее целевыми входными значениями  $Y$ .
3. Рассчитать коэффициент корреляции  $r_{li}$  между всеми последовательностями  $F_l(X_i) = X_i$  и  $R$ .
4. Рассчитать соответствующие значения  $t_{li}$   $t$ -критерия Стьюдента для значений коэффициентов регрессии.
5. Выбрать модуль максимального значения  $t_{\max} = \max(|t_{li}|)$  рассчитанных  $|t_{li}|$ .
6. Если  $t_{\max} \geq t_{\text{крит}}$ , где  $t_{\text{крит}}$  – критическое значения коэффициента Стьюдента для соответствующего значения доверительной вероятности и числа степеней свободы:
  - 6.1 Рассчитать коэффициенты парной регрессии  $A_{li}, B_{li}$  с помощью МНК.
  - 6.2 Включить данный множитель  $F_l(X_i)$  в искомую модель.
  - 6.3 Рассчитать новые значения  $T$  для новой регрессионной модели.
  - 6.4 Рассчитываем новые значения целевой последовательности данных  $R = \frac{Y}{T}$ .

## 7. Повтор с шага 3.

Данная модификация алгоритма Брендона позволяет получить нелинейную модель за счет повторного поиска нового множителя из сформированной выборки данной, вариации использования логарифмических функций для снижения влияния шума исходных данных и тригонометрических функций для описания циклических процессов. Это дает возможность построения более точных моделей для сложных нелинейных исследуемых процессов.

Стоит отметить, что данный алгоритм имеет более высокую устойчивость к корреляции между входными параметрами за счет пересчета целевой последовательности данных  $R$  после добавления каждого нового множителя.

Возможна модификация данного алгоритма за счет исключения существующих множителей при добавлении нового (как происходит в пошаговых алгоритмах включения-исключения переменных).

Данный алгоритм было реализовано в виде программного продукта в соответствии со стандартом ISO / IEC 12207: 2009, который описывает процессы жизненного цикла программного обеспечения (рис. 3).

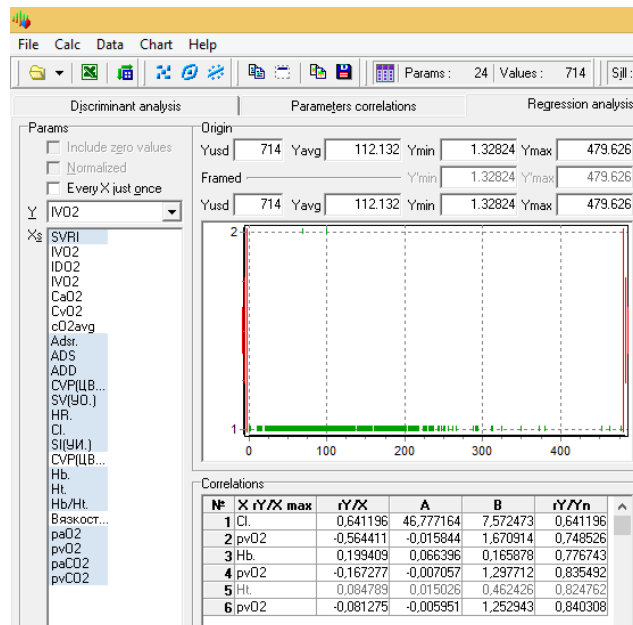


Рис. 3 – Интерфейс программного продукта

Применимость разработанной модификации алгоритма Брендона проверялась на реальной тестовой выборке, которая содержала 715 наблюдений, полученных в отделении реанимации НИССХ им. Амосова. Данные представляли собой измерения основных показателей жизнедеятельности и тесно коррелировали между собой.

В качестве переменной моделирования выбран показатель IVO2, в качестве независимых переменных отобраны показатели, которые имели диагностическую ценность с точки зрения специалистов данного отделения.

В результате моделирования зависимой переменной IVO2 стандартными пошаговыми методами, представленными в статистическом пакете обработки данных IBM SPSS Statistics 21.0, получена следующая модель:

$$y = CI \cdot 41.853 - pvO2 \cdot 1.948 + Hb \cdot 6.030 + SI \cdot 0.771 + pvCO2 \cdot 0.555 + paO2 \cdot 0.05 - 22.697$$

Суммарная точность оценивалась за показателем коэффициента детерминации, показавшим значение 0,641 для модели, рассчитанной пошаговым регрессионным алгоритмом.

Аналогичная процедура, проведенная с помощью разработанного программного продукта, реализующего модификацию алгоритма Брендона, позволила получить следующую модель:

$$y = (46.778 \cdot Ci + 7.57) \cdot (0.066 \cdot Hb + 0.166) \cdot (0.015 \cdot Ht + 0.462) \cdot (-0.016 \cdot PVO_2 + 1.671) \cdot (-0.007 \cdot PVO_2 + 1.298) \cdot (-0.006 \cdot PVO_2 + 1.253)$$

Коэффициент детерминации, показывающий взаимосвязь между табличными и модельными значениями, рассчитанный для данной модели принял значение 0,819.

Данная модель, рассчитана без применения периодических функций и не чувствительна к корреляциям между входными показателями Точность модели по сравнению со стандартной пошаговой регрессионной процедурой выше на 22%, что показывает на возможность ее применения в условиях реальной практики.

Несмотря на полученные результаты, необходимо отметить, что данная модификация алгоритма требует доработки. В частности необходимым видится исследование параметров модели на избыточность. Однако, это является предметом дальнейших исследований и будет представлено в последующих публикациях.

#### Литература

1. Farlow. S. J. Self-Organizing Methods in Modelling: GMDH Type Algorithms / S. J. Farlow. – New-York: Marcel Decker Inc., 1984. – 350 p.
2. Sen A. Regression Analysis — Theory, Methods, and Applications / A. Sen, M. Srivastava. – Berlin: Springer-Verlag, 2011. – 348 p.
3. Brandon D. D. New approach to modelling / D. D. Brandon. // AGI Journal. – 1964. – №7. – С. 36–42.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.115

Петров П.С.<sup>1</sup>, Феофанов А.Н.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-2870-1645, Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4761-0538 Доктор технических наук, профессор, кафедры инженерной графики ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПО РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ****Аннотация**

*В статье рассматривается возможность компоновки универсальных сборных приспособлений (УСП) на основе представления рабочей документации, обрабатываемого изделия, в графическом виде с выявлением зависимостей между поверхностями (приспособления и заготовки) для закрепления и ориентации изделия в рабочей зоне станка. Дано описание предметной области и её формализация в алгоритмическом виде. Рассмотрены важные составляющие экспертной системы – знания и связи. Приведена градация зависимостей (связей) путем введения весовых коэффициентов.*

**Ключевые слова:** экспертные системы, связи, УСП, базы знаний, синтез конструкции, алгоритм, база данных.

Petrov P.S.<sup>1</sup>, Feofanov A.N.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-2870-1645, Postgraduate student of the sub-department

«Automated Systems of Information Processing and Management» of MSTU «STANKIN»,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4761-0538 Doctor of Technical Sciences, Professor of the sub-department «Engineering graphics» of MSTU «STANKIN»**AUTOMATED SELECTION OF THE ELEMENTS OF USP BY WORKING DOCUMENTS OF THE WORKPIECE****Annotation**

*Article considers the possibility of universal jigs (USP) based on the submission of the working documents, of the workpiece, in graphic form, identifying dependencies between the surface (device and the workpiece) for fixing and orientation of the product in the working area of the machine. The description of the subject area and its formalization in an algorithmic form. It is considered important components of an expert system - the knowledge and communication. Shows gradation dependencies (communication) by introducing weighting factors.*

**Keywords:** expert systems, communications, universal jigs, knowledge Base, design synthesis, algorithm, database.

В данный момент широкое применение получили экспертные системы, дополняющие интеллектуальную деятельность человека в различных областях и базирующихся на опыте и знаниях ведущих специалистов требуемой области. Все они строятся на базе вычислительных машин, которые обучают решать логические задачи по доступным входным параметрам, и правилам обработки над полученными данными [1].

Основная задача данной статьи – смоделировать логическую цепочку действий принятия решения автоматизированной системы при синтезировании измененного расстояния между опорами у приспособления для токарной операции у детали типа вилка.

Объект исследования – это иерархически упорядоченные по типам и группам элементы УСП. Такой подход позволяет создавать связанные данные, вносимые в базу данных (БД) по предназначению элементов в компоновке приспособления.

Комплект УСП включает в себя 1 500 – 25 000 деталей, что означает конечный уровень решения [6].

Описание предметной области и выявленные в формализованной форме взаимосвязи между элементами УСП и геометрией хранятся в базе знаний (БЗ) экспертной системы [4].

Под БЗ будем понимать, своего рода, правила, ограничения и предписания к алгоритму действий, составленных к применяемой предметной области. Она хранит предыдущий опыт и типовые решения компоновок приспособлений, которые можно дополнять.

Знания – информация отражающая объективные свойства и связи объектов, отношений между ними [3]. Знания должны быть приведены к однозначному формализованному виду для их дальнейшей обработке, управлению и рациональному применению с помощью компьютера. Методологией формализованного представления знаний является логика – это основной элемент принятия решений.

Знания в предметной области УСП мы формализуем в виде модели предметной области (МПО):

$$МПО: \langle X, C, R, G \rangle,$$

где  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – множество элементов УСП, с которыми мы имеем дело при решении задачи;

$C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$  – множество состояний объектов УСП, причем возможно, что  $c_1 = (c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1k})$ ,

$c_2 = (c_{12}, c_{22}, \dots, c_{2r})$  и т.д. Эти свойства могут меняться под действием некоторых операторов;  $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$  –

множество имен отношений, в которые могут вступать объекты моделируемой ПО;  $G = (g_1, g_2, \dots, g_k)$  – множество имен операций (действий), которые допустимы с этими объектами через изменение их свойств и отношений между ними.



Для того чтобы перевести предметную область из начального  $S_n$  состояния в некоторое заданное, определяемое как целевое  $S_u$ , нужно руководствоваться допустимыми действиями над предметной областью из множества  $G = (g_1, g_2, \dots, g_k)$ . Какие выбрать операции  $g_i$  и в какой последовательности – неизвестно.

Примерное представление решения будет выражаться формулой:

$$Z = (S_n \xrightarrow{G} S_u).$$

Тем самым, взяв оператор  $g_1 \in G$  из области множества  $G$ , мы перевели состояние  $S_n$  в  $S_1$ , но оно не совпало с  $S_u$ , т. е.  $S_1 = g_1(S_n), S_1 \neq S_u$ . И так далее пока не найдется такой  $g_i \in G$ , что  $S_j = g_j(S_{j-1})$  и  $S_j = S_u$ . Путь решения можно представить следующей цепочкой действий:

$$S_n \xrightarrow{g_1} S_1 \xrightarrow{g_2} S_2 \xrightarrow{g_3} \dots \xrightarrow{g_{j-1}} S_j = S_u$$

Последовательность  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_j$  как раз и будет представлять из себя алгоритм решения задачи. Причем перевод  $S_n \rightarrow S_u$  возможен не единственным способом и в таком случае задачу можно ставить об оптимизации решения [2].

Рассмотрим построение связи на примере проектирования оснастки УСП для токарной обработки детали типа вилка [3].

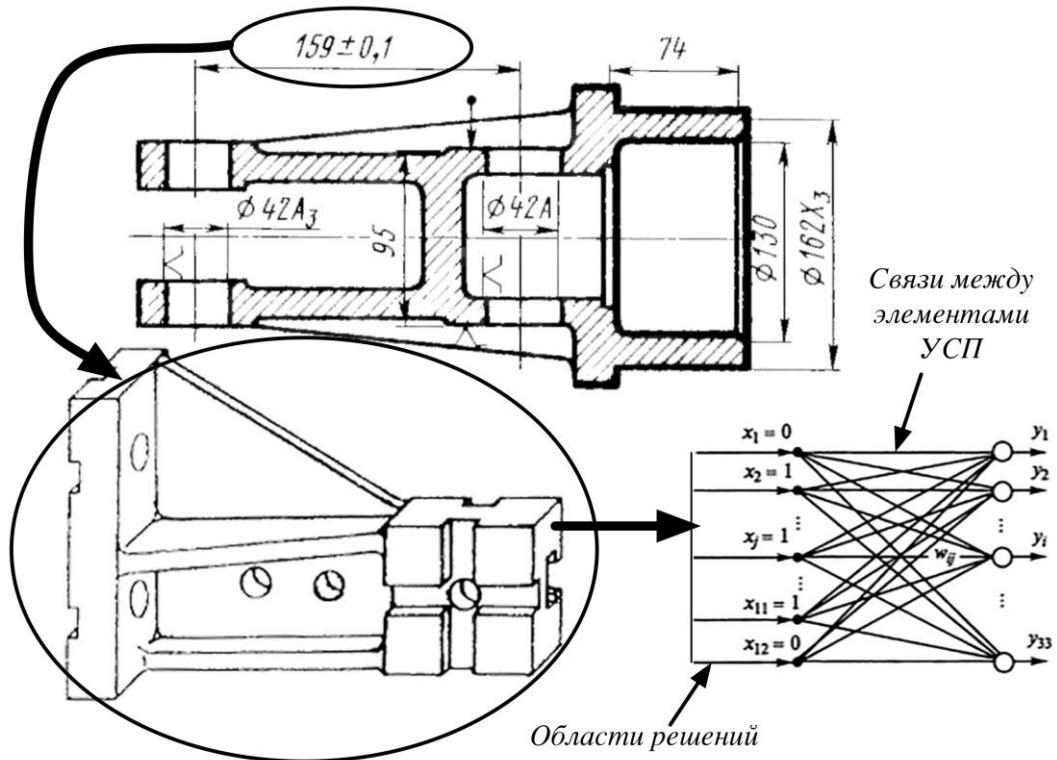


Рис. 1 – Цепочка зависимостей требований заготовки к элементам УСП

При изменении меж осевого расстояния (с размера 159 мм на другое значение) у детали «Вилка» (рис. 1) – поддерживающий ее «угольник крепежный, правый, высотой 180 мм 7080-0361» должен трансформироваться под новое межосевое расстояние. Возникает необходимость найти релевантное решение путем изменения компоновки приспособления.



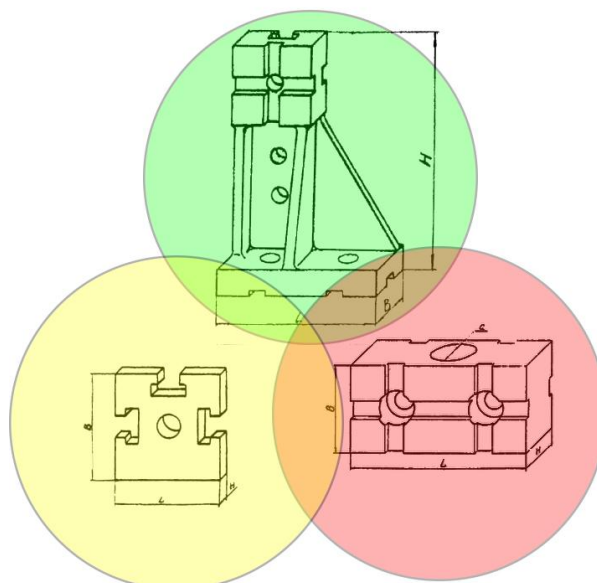


Рис. 2 – Возможные варианты компоновки элементов УСП для обеспечения межосевого расстояния у детали типа вилка

Первым действием будет поиск решения в переборе по критерию типоразмера самого угольника, но такой вариант может оказаться не подходящим. Вторым действием будет регулировка путем добавления «подкладки» или «проставки». Третьим – рассмотрение возможности дополнения длины угольника подстановкой корпусных элементов. Четвертым – (наихудшим шагом) будет различные сочетания предыдущих. Три элемента образуют 7 областей пересечения решений, где три из них: области «проставка» и «подкладка», а также их пересечение – имеют нулевое значение на решение задачи. (рис. 2) Полученные области решения по-разному влияют на конструкцию приспособления. Данная последовательность представляет логическую цепочку действий и обладает взаимосвязями элементов между собой, составленная от наилучшего варианта (по мнению эксперта) к менее предпочтительному, а порядок следования этим действиям задается весовыми коэффициентами. (рис. 3) Построение зависимостей между элементами путем ранжирования и есть связи между ними.

Корпусные детали (Служат для образования корпуса приспособления)									
Базовые детали (Элементы, служащие основанием приспособления)									
Типы									
	Базовые	Корпусные	Направляющие	Установочные	Прижимные	Крепежные	Разные	Сборочные	Корпусные детали
Базовые	9	8	5	6	1	3	6	6	8
Корпусные	9	8	5	6	1	3	6	6	8
Направляющие	8	8	5	6	1	3	6	6	8
Установочные	5	5	5	6	1	3	6	6	8
Прижимные	6	6	6	6	3	6	6	6	8
Крепежные	1	1	1	1	3	3	6	6	8
Разные	3	3	3	3	6	3	3	3	8
Сборочные	6	6	6	6	6	6	3	3	8
Корпусные детали	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Базовые кольца	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Базовые угольники	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Конусные оправки	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Проставки	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Призмы	5	10	8	8	8	8	8	8	8
Угловые опоры	3	3	6	6	6	6	6	6	6
Угольники	5	1	10	10	10	10	10	10	10

Рис. 3 – Задание весовых коэффициентов между элементами УСП

Связи – это показатели технического уровня, имеющие как сильное, так и слабое воздействие. Обычно задаются табличной зависимостью и весовыми коэффициентами (экспертными оценками).

Задание связей – это, прежде всего, знания о самом элементе или вскрытие всех его уровней, которые показывают зависимости между элементарными данными. (рис. 4)

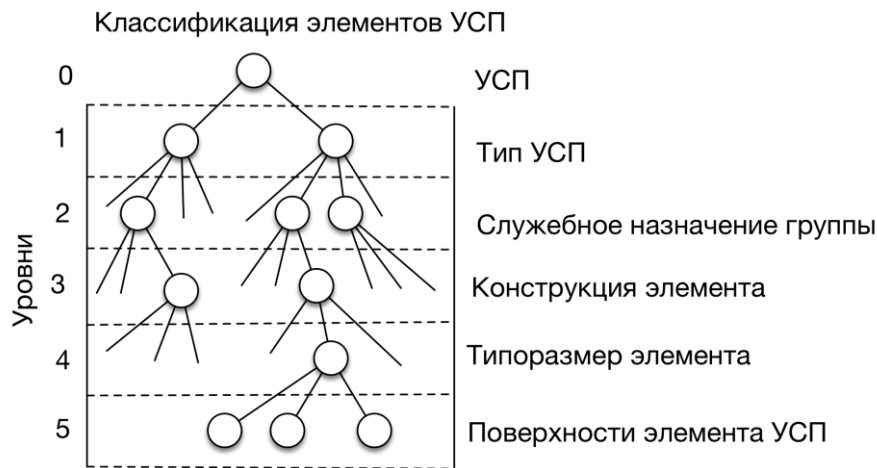


Рис. 4 – Классификация элементов УСП

Знания о заготовке тоже образуют зависимости от элементарной геометрии до их функционального назначения и методов получения (рис. 5).

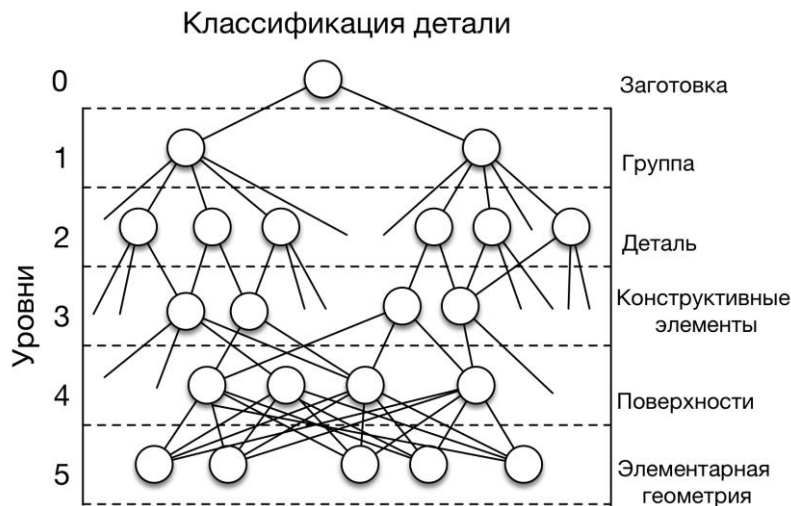


Рис. 5 – Классификация деталей

Весовые коэффициенты — это оценка уровня сочетаемости функциональных ограничений, наложенных на элемент УСП с учетом их применения к конкретной заготовке. Они будут задавать последовательность при выборе операций  $g_i$ .

Стоит отметить что весовые коэффициенты задаются при четком описании детали. Они могут быть перезадаются как от типа детали, так и от типа операций над ней [3]. Данные зависимости представляют собой табличное представление правил подбора релевантных элементов, хранящихся в БЗ.

Дополнительно в БЗ вносится информация описывающая УСП элемент и его свойства. Вся эта информация, составляющая интерпретацию, будет по необходимости использоваться при синтезировании оснастки.

Таблица 1 – Информация об угольнике крепежном, правом, высотой 180 мм 7080-0361

Элемент	Характеристики					
	Область применения	Координаты привязки			Плоскости установки	Плоскости дальнейшей надстройки
		1	...	n		
7080 - 0361	Жесткое увеличение расстояния в конструкции приспособления	(X1,Y1,Z1)	...	(Xn,Yn,Zn)	a ... k	b, c, d ... g

Так же полученный опыт по использованию элементов – эвристическая информация, заложенная связями в БЗ, позволяет выполнять эффективный поиск по наиболее перспективным направлениям.

Формализованные, таким образом, данные (связи, ограничения) накладываются на фрейм программы при создании Автоматизированной Системы (АС) с реализацией взаимодействия с пользователем или экспертом. При невозможности АС подобрать компоновку, она сообщит об этом пользователю, тем самым давая обратную связь, что

не хватает знаний, или необходимо перезадать весовые коэффициенты у компоновки или группы элементов, а возможно, и внести новые данные.

### Выводы

Элементы входящие в определенную компоновку УСП приспособления и конфигурации обрабатываемой детали имеют зависимости, приведенные к структурному виду. Установленные связи имеют различные силы воздействия, что реализуется ранжированием весовыми коэффициентами.

### Литература

1. Феофанов А.Н., Гибкие автоматические линии в машиностроении. – М.: «Янус-К», 2002, 192 с. ISBN 5-8037-0125-4
2. Ручкин В. Н., Фулин В. А. - Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы/ В. Н. Ручкин, В. А. Фулин – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с.: ил. ISBN 978-5-9775-0460-7
3. Петров П. С., Феофанов А. Н., Рыбаков А. В. Создание компьютерной среды проектирования для решения компоновочных задач (на примере автоматизации компоновок универсальных сборных приспособлений) // Металлообработка, 2016, №1, С. 48-54.
4. Рыбаков А.В., Евдокимов С.А., Краснов А.А. Возможности процессов проектирования машиностроительных изделий на основе компьютерных баз знаний (на примере станочных приспособлений) Вестник Станкина, 2015, №2
5. Рыбаков А.В., Краснов А.А. Организация процесса проектирования и изготовления технологической оснастки на основе управляемой системы взаимосвязанных компьютерных моделей // Известия Самарского научного центра РАН, 2012, Том 14, №4, С.677-685.
6. ГОСТ 31.111.41-93 - Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам. Основные параметры. Конструктивные элементы. Нормы точности
7. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка: Учебник для учреждений сред. проф. образования – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с. ISBN 5-7695-1148-6 Стр. 256 – 273
8. Кузнецов В.С. и Пономарев Б.А. Универсально-сборочные приспособления. Альбом монтажных чертежей. М., «Машиностроение», 1974. 156 с. с ил.
9. ГОСТ 31.111.42-83 - Детали и сборочные единицы универсально-сборочных приспособлений к металлорежущим станкам. Технические требования. Методы контроля. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение
10. Каталог деталей и сборочных единиц универсально-сборных приспособлений М.: Научно-исследовательский институт информации по машиностроению – 1975.

### References

1. Feofanov A.N., Gibkie avtomaticheskie linii v mashinostroenii. – M.: «Janus-K», 2002, 192 s. ISBN 5-8037-0125-4
2. Ruchkin V. N., Fulin V. A. - Universal'nyĭ iskusstvennyĭ intellekt i jekspertnye sistemy/ V. N. Ruchkin, V. A. Fulin – SPb.: BHV-Peterburg, 2009. – 240 s.: il. ISBN 978-5-9775-0460-7
3. Petrov P. S., Feofanov A. N., Rybakov A. V. Sozdanie komp'juternoj sredy proektirovaniya dlja reshenija komponovочных задач (na primere avtomatizacii komponovok universal'nyh sbornyh prispособлений) // Metalloobrabotka, 2016, №1, S. 48-54.
4. Rybakov A.V., Evdokimov S.A., Krasnov A.A. Vozmozhnosti processov proektirovaniya mashinostroitel'nyh izdelij na osnove komp'juternyh baz znaniy (na primere stanочных приспособлений) Vestnik Stankina, 2015, №2
5. Rybakov A.V., Krasnov A.A. Organizacija processa proektirovaniya i izgotovleniya tehnologicheskoy osnastki na osnove upravljajemoj sistemy vzaimosvjazannyh komp'juternyh modelej // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2012, Tom 14, №4, S.677-685.
6. GOST 31.111.41-93 - Detali i sborochnye edinicy universal'no-sbornyh prispособлений k metallorезhushhim stankam. Osnovnye parametry. Konstruktivnye jelementy. Normy tochnosti
7. Cherpakov B.I. Tehnologicheskaja osnastka: Uchebnik dlja uchrezhdenij sred. prof. obrazovanija – M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2003. – 288 s. ISBN 5-7695-1148-6 Str. 256 – 273
8. Kuznecov V.S. i Ponomarev B.A. Universal'no-sborochnye prispособления. Al'bom montazhnyh chertezhej. M., «Mashinostroenie», 1974. 156 s. s il.
9. GOST 31.111.42-83 - Detali i sborochnye edinicy universal'no-sborochnyh prispособлений k metallorезhushhim stankam. Tehnicheskie trebovanija. Metody kontrolja. Markirovka, upakovka, transportirovanie i hranenie
10. Katalog detalej i sborochnyh edinic universal'no-sbornyh prispособлений M.: Nauchno-issledovatel'skij institut informacii po mashinostroeniju – 1975.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.022

Плаксиенко В.С.<sup>1</sup>, Плаксиенко Н.Е.<sup>2</sup>, Хадька И.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>кандидат технических наук, <sup>3</sup>аспирант,

Южный федеральный университет

**АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ЛОЖНОЙ ТРЕВОГИ ПРИ УРОВНЕВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ****Аннотация**

В статье проведен анализ вероятности ложной тревоги при уровневой обработке сигналов дискриминаторами с взаимными обратными связями в условиях значительной априорной неопределенности для случая, когда переходные процессы в приемном устройстве установились. Методом итераций, путем размыкания то одной, то другой обратной связи получено аналитическое выражение для расчета вероятности ложной тревоги при реализации алгоритма уровневой обработки, приемлемое для инженерных расчетов. Проведено сопоставление вероятности ложной тревоги при обычной обработке и при обработке дискриминаторами с обратными связями.

**Ключевые слова:** анализ, вероятность ложной тревоги, метод итераций, моделирование.

Plaksienko V.S.<sup>1</sup>, Plaksienko N.E.<sup>2</sup>, Hadyka I.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering, <sup>3</sup>Postgraduate student,

Southern Federal University

**THE ANALYSIS OF PROBABILITY OF THE FALSE ALARM AT LEVEL PROCESSING OF SIGNALS****Abstract**

In article the analysis of probability of a false alarm at-level processing of signals is carried out by discriminators with mutual feedback in the conditions of considerable aprioristic uncertainty for a case when transition processes in an intake were established. The method of iterations, way of disconnection one, other feedback have received the analytical expression for calculation of probability of a false alarm at realization of algorithm of-level processing accepted for engineering calculations. Comparison of probability of a false alarm at usual processing is carried out and when processing by discriminators with feedback.

**Keywords:** analysis, probability of a false alarm, method of iterations, modeling.

При обработке импульсных сигналов различают две практически важные ситуации: обработку связанных сигналов, манипулированных по амплитуде, и обработку радиолокационных сигналов. Первый случай, с точки зрения анализа, можно рассматривать как частный случай второго.

При анализе радиолокационных сигналов имеют дело с двумя статистическими ситуациями. Первая – сигнал отсутствует, и суммарные шумы определяют основной параметр помехоустойчивости: вероятность ложной тревоги  $F$ . Вторая – сигнал присутствует, и его энергетические характеристики определяют второй по значимости параметр помехоустойчивости: вероятность правильного обнаружения  $D$ .

Плотность вероятностей распределения шума –  $W_2(x)$  и смеси сигнала с шумом  $W_1(x)$  поясняют динамику связи вероятности ложной тревоги  $F$  и пропуска сигнала  $1 - D$ , где

$$F = \int_{U_{\Pi}}^{\infty} W_2(x) dx;$$

$$1 - D = \int_0^{U_{\Pi}} W_1(x) dx,$$

где  $D = \int_{U_{\Pi}}^{\infty} W_1(x) dx$  – вероятность правильного обнаружения.

Обычно  $W_1(x)$  подчиняется закону Райса, а  $W_2(x)$  закону – Релея.

Для обеспечения минимальных значений  $F$  и  $1 - D$  необходимо точное согласование параметров сигналов и приемных устройств. Однако, иногда, в реальных условиях, когда произведение полосы сигнала  $\Delta f$  на его длительность  $T$  меняется в широких пределах, даже приближенное согласование по длительности невозможно. В таких условиях, как показано в работе [1], эффективно применение метода комбинированного сложения, а при  $\Delta f T \gg 1$  его частного случая – уровневой обработки.

Процедуры, основанные на учёте информативных параметров взаимных превышений процессов, автовыбор и метод взаимного преобразования, следует отнести к алгоритмам оптимизации некогерентного широкополосного приёма [1, 2].

Наиболее простым является алгоритм уровневой обработки, представляющий сочетание двух процедур: автовыбора и фильтрации. Автовыбор исходных процессов  $X_1(t)$  и  $X_2(t)$  реализуется процедурой

$$X_{1n}(t) = X_1(t) \cdot 1[X_1(t) - X_2(t)];$$

$$X_{2n}(t) = X_2(t) \cdot 1[X_2(t) - X_1(t)],$$

где  $1[z(t)] = \begin{cases} 1 & z(t) \geq 0; \\ 0 & z(t) < 0. \end{cases}$  – единичная ступенчатая функция или функция Хэвисайда.

Причем полоса фильтров должна быть не уже ширины спектров исходных процессов, определяемой обычно полосой УПЧ приемника. Такая обработка эффективна только при значительном рассогласовании ширины спектра сигнала  $\Delta f_c$  с полосой пропускания приемника  $\Delta f_{\Pi}$ , т.е. при  $\Delta fT \gg 1$ . В условиях, когда  $\Delta fT$  меняется в широких пределах, начиная от значений, близких к согласованным ( $\Delta fT \sim 1$ ), эффективнее алгоритм уровневой обработки вида

$$X_{1n}(t) = [X_1(t) - KX_{2n}(t)] \cdot 1[X_1(t) - KX_2(t)];$$

$$X_{2n}(t) = [X_2(t) - KX_{1n}(t)] \cdot 1[X_2(t) - KX_1(t)].$$

При анализе помехоустойчивости реальных устройств, для случая согласованного приема, вместо текущих значений процессов в каналах обработки, которые в значительной своей части являются переходными процессами от одного символа к другому, пользуются отсчетами, взятыми в определенных точках элементарного сигнала, и поэтому законы распределения отсчетов, взятые в установившемся режиме, могут быть описаны аналитически.

В случае, когда априорные сведения недостаточны, необходимо учитывать весь ход процессов, т.е. при анализе следует рассматривать только случай, когда  $\Delta fT \gg 1$ . При этом переходными процессами в каналах дискриминаторов можно пренебречь и пользоваться статистическими характеристиками процессов. В результате такого приближенного анализа могут быть получены соотношения, по которым с достаточной для практики точностью можно произвести инженерную оценку помехоустойчивости анализируемых алгоритмов обработки, отличающихся от линейной.

Нахождение точного аналитического выражения для вычисления вероятности ложной тревоги при обработке дискриминаторами с обратными связями, реализующими различные алгоритмы обработки от автовыбора, при коэффициентах обратной связи, равных единице [1-3], до обычной линейной обработки, при коэффициентах обратной связи, равных нулю, а также алгоритмы уровневой обработки, при которых  $0 < K < 1$ , является сложной задачей.

На рис. 1 представлен дискриминатор с взаимными обратными связями, реализующий в зависимости от глубины обратных связей все указанные выше алгоритмы обработки, где ВУ – вычитающие устройства; Огр – ограничители; ФНЧ – фильтры нижних частот [1].

Для нахождения необходимых распределений плотностей вероятностей в каналах дискриминатора, реализующего уровневую обработку по модифицированному алгоритму комбинированного сложения, воспользуемся итерационным методом [1] – поочередно размыкая то одну, то другую обратную связь между каналами и поэтапно уточняя законы распределения на выходах каналов.

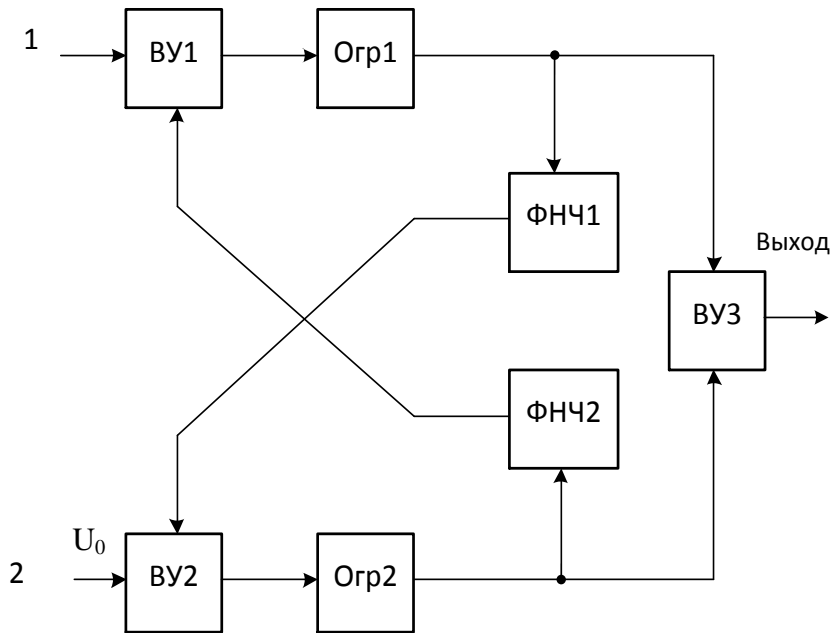


Рис. 1

Для уменьшения числа итераций первой размыкаем связь от канала, в котором среднее значение процесса заведомо меньше.

При рассмотрении приняты следующие ограничения:

- переходные процессы в каналах дискриминатора закончены, то есть  $\Delta fT > 4$  (где  $\Delta f$  – ширина спектра сигнала,  $T$  – длительность сигнала);
- ФНЧ цепей взаимных обратных связей идеально пропускают огибающие процессов;
- для простоты полагаем величину коэффициентов обратной связи  $K=1$ , это позволяет получить предельно возможное значение вероятности ложной тревоги  $F$ .

Пусть на первый вход дискриминатора подается нормальный шум, огибающая которого распределена по закону Релея [1, 2]

$$W(x) = \exp \left[ -\frac{x^2}{2\sigma^2} \right]; \quad (1)$$

а на второй вход – пороговое напряжение  $U_0$ .

С учетом (1) величина порогового напряжения  $U_0$  определяет требуемую вероятность ложной тревоги  $F$  [1,3]

$$F = \int_{\frac{U_0}{\sigma}}^{\infty} W_1(x) dx = \int_{\frac{U_0}{\sigma}}^{\infty} x \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx = \exp\left(-\frac{U_0}{2\sigma}\right), \quad (2)$$

где  $\frac{U_0}{\sigma}$  – безразмерное пороговое напряжение ( $\sigma = 1$ ).

Учитывая, что значение порога превышает среднее значение входного процесса, разомкнем, в первом приближении, связь от канала с шумом к каналу с порогом, что позволит записать распределение огибающей шума в канале

$$W^{(1)}_{1\text{бвх}}(x) = \left(x + \frac{U_0}{\sigma}\right) \exp\left[-\frac{\left(x + \frac{U_0}{\sigma}\right)^2}{2}\right] + Q_1 \delta(x).$$

Влияние напряжения порога приводит к сдвигу распределения огибающей шума влево на величину  $U_0/\sigma$ , а дельта-функция учитывает условия нормировки

$$Q_1 = \int_{-\frac{U_0}{\sigma}}^0 \left(x + \frac{U_0}{\sigma}\right) \exp\left[-\frac{\left(x + \frac{U_0}{\sigma}\right)^2}{2}\right] dx.$$

Для нахождения распределения огибающей процесса на выходе канала порога замкнем ранее оборванную связь от канала с шумом к каналу с порогом и разомкнем связь от канала с порогом к каналу с шумом, тогда

$$W^{(1)}_{0\text{бвх}}(x) = \left(2 \frac{U_0}{\sigma} - x\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right)^2}{2}\right] + Q_2 \delta(x) + Q_3 \delta\left(\frac{U_0}{\sigma} - x\right),$$

где  $Q_2(x) = \int_{-\infty}^0 \left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right)^2}{2}\right] dx$  – значение дельта-функции при  $X=0$ ;

$Q_3(x) = \int_{\frac{U_0}{\sigma}}^0 \left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right)^2}{2}\right] dx$  – значение дельта-функции при  $x = \frac{U_0}{\sigma}$ .

Точку пересечения кривых распределения на выходах каналов найдем из решения уравнения

$$W^{(1)}_{1\text{бвх}}(x) = W^{(1)}_{0\text{бвх}}(x).$$

Получим  $x_0 = \frac{U_0}{\sigma}$ , с учетом этого вероятность ложной тревоги равна

$$F = \int_{x_0}^{\infty} W^{(1)}_{1\text{бвх}}(x) dx = \exp\left[-\frac{\left(\frac{1,5U_0}{\sigma}\right)^2}{2}\right].$$

Для повышения точности оценки вероятности ложной тревоги следует учесть, что на канал с шумом действует не постоянное значение порога, а случайная величина, среднее значение которой равно  $\frac{U_0}{\sigma} - m_1$ , где

$$m_1 = \int_0^{\frac{U_0}{\sigma}} W_1(x) dx = \int_0^{\frac{U_0}{\sigma}} x \left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{2U_0}{\sigma} - x\right)^2}{2}\right] dx.$$

После подстановки  $\frac{2U_0}{\sigma} - x = \xi$  и несложных вычислений получим

$$m_1 = \frac{U_0}{\sigma} \exp\left(\frac{U_0}{2\sigma^2}\right) + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \left[ \operatorname{erf}\left(-\frac{U_0}{2\sigma}\right) - \operatorname{erf}\left(-\frac{2U_0}{2\sigma}\right) \right],$$

где  $\operatorname{erf}(x) = \frac{\pi}{2} \int_0^x \exp(-t^2) dt$  – интеграл вероятности.

Будем считать, что это эквивалентно сдвигу распределения  $W^{(1)}_{1\text{бвх}}(x)$  влево на величину  $m_1$ , тогда распределение шума на выходе

$$W^{(1)}_{1\text{бвх}}(x) = \left(x + \frac{U_0}{\sigma} - m_1\right) \exp\left[-\frac{\left(x + \frac{U_0}{\sigma} - m_1\right)^2}{2}\right] + Q^{(11)} \delta(x),$$

где  $Q^{(11)} = \int_{\frac{U_0}{\sigma} + m_1}^0 \left(x + \frac{U_0}{\sigma} - m_1\right) \exp\left[-\frac{\left(x + \frac{U_0}{\sigma} - m_1\right)^2}{2}\right] dx$  – значение дельта-функции при  $X=0$ .

Точку пересечения распределений на выходах каналов найдем из уравнения

$$W^{(11)}_{1\text{бвх}}(x) = W^{(1)}_{0\text{бвх}}(x).$$

По результатам численного решения данного уравнения зависимости

$x^{(1)}_0 = f\left(\frac{U_0}{\sigma}\right)$  и  $m_1 = f\left(\frac{U_0}{\sigma}\right)$  на интервале  $0,75 \div 3$  могут быть аппроксимированы выражениями  $x^{(1)}_0 = 0,69\left(\frac{U_0}{\sigma}\right)^{\frac{2}{3}}$ ,

$$m_1 = \left(\frac{U_0}{\sigma}\right)^{\frac{3}{2}} \exp\left[-\left(\frac{U_0}{\sigma}\right)^{\frac{3}{2}}\right].$$

С учетом этих обозначений вероятность ложной тревоги определится выражением

$$F = \int_{x_0^1}^{\infty} W^{(11)}_{1\text{бвх}}(x) dx = \left(\frac{U_0}{\sigma} - m_1 + x_0^1\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{U_0}{\sigma} - m_1 + x_0^1\right)^2}{2}\right]. \quad (3)$$

Зависимости вероятности ложной тревоги от значения порогового напряжения  $F = f\left(\frac{U_{\Pi}}{\sigma}\right)$  представлены на рис. 2,

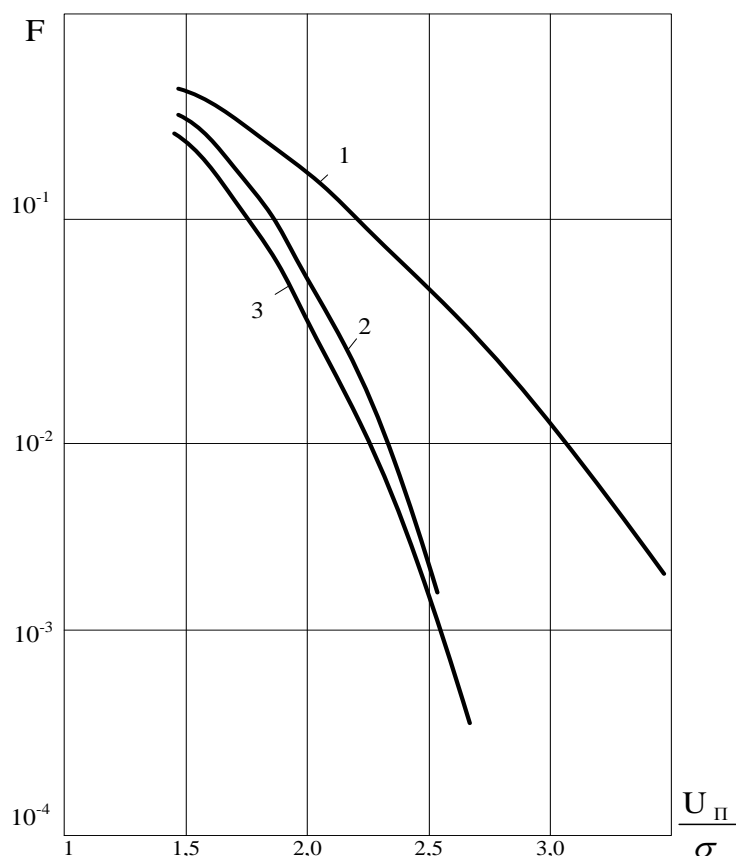


Рис. 2

где: 1 – кривая, соответствующая обычной обработке (2);  
2 – кривая, построенная по выражению (3);  
3 – кривая, построенная по результатам моделирования на ЭВМ.

Из сопоставления кривых 2 и 3 следует, что принятая методика дает хорошее совпадение с результатами статистического моделирования. Дальнейшее повышение точности оценки вероятности ложной тревоги может быть получено путем итерационных уточнений законов распределения на выходах каналов. Однако, достигнутая точность вполне удовлетворительна для инженерных расчетов.

#### Литература

1. Плаксиенко В.С. Уровневая статистическая обработка дискретных сигналов. М.: Учебно-методический и издательский центр «Учебная литература», 2006. – 274 с.
2. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов/Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, В.С. Плаксиенко и др. – М.: Радио и связь, 2003. – 520 с.
3. Плаксиенко В.С., Плаксиенко Н.Е., Хадыка И.В. Исследование уровневой обработки сигналов. У1Межд. НПК «Новое слово в науке: перспективы развития» (Чебоксары, 20 нояб. 2015 г.) ЦНС «Интерактив плюс», 2015 – № 4 (6). С.158-161.

#### References

1. Urovnevaya statisticheskaya obrabotka diskretnykh signalov / V.S. Plaksienko. M.: Uchebno-metodicheskiy i izdatelskiy tsentr «Uchebnaya literatura, 2006. – 274 s.
2. Radiopriemnye ustrojstva: Uchebnik dlja vuzov/N.N. Fomin, N.N. Buga, V.S. Plaksienko i dr. – M.: Radio i svjaz', 2003. – 520 s.
3. Plaksienko V.S., Plaksienko N.E., Hadyika I.V. Issledovanie urovnevoy obrabotki signalov. U1Mezhd. NPK «Novoe slovo v nauke: perspektivy razvi-tiya» (Cheboksaryi, 20 noyab. 2015 g.) TsNS «Interaktiv plyus», 2015.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.064

Попонин А.А.

Магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Московский технологический университет»**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ В ПРОЦЕССАХ БИЗНЕС-ИНТЕГРАЦИЙ****Аннотация**

*Средства связи и компьютерная техника занимают немалое место в современной жизни, в настоящее время недоумение как раз вызывает их отсутствие или малоэффективная эксплуатация. Проблемы современного общества могут решаться только с применением современных средств. Есть, конечно, возможность не спешить с введением компьютерных технологий за счёт увеличения количества органов и учреждений и снижения уровня зарплат в государственном секторе. Однако могут возникнуть проблемы с выполнением многих функций и в конечном итоге это нанесет огромный ущерб репутации и интересам государства. Реальных причин откладывать введение современных компьютерных технологий в государственном секторе нет.*

**Ключевые слова:** протокол, интеграция, бизнес, структура, государство.

Poponin A.A.

Undergraduate student,

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow Technological University»

**USING THE SOCIAL PROTOCOL IN THE BUSINESS INTEGRATION PROCESS****Abstract**

*Computers and communications have become part of modern life, and the surprise is not the availability, but rather, the lack or inefficient use. Modern society can be achieved only by using modern means. You can temporarily postpone the introduction of information technologies to increase cost of the state apparatus, reducing the level of pay in the public sector, the deterioration of the conditions of allocation of public institutions. However, this would jeopardize the execution of many functions and eventually cause substantial damage to the reputation and interests of the state. Objective reason to delay the introduction of modern information technologies in the public sector does not.*

**Keywords:** protocol, integration, business, structure, state.

Актуальность исследования определяется важностью использования информационных технологий в процессах разработки, принятия и внедрения государственных решений как способа сотрудничества органов власти и граждан. Это будет способствовать процессу реформирования государственного управления и развития соответствующей сферы государственной политики.

Целью данной работы является: подчеркнуть необходимость применения информационных технологий в сфере государственного управления, наметить пути развития и стратегии внедрения этих технологий и систем, опираясь при этом на опыт развитых стран.

В соответствии с целью сформулированы задачи: проанализировать законодательные и другие нормативно-правовые акты по вопросам информатизации; оценить состояние использования информационных ресурсов в отечественной и зарубежной практике; определить основные преимущества и недостатки использования информационных систем [3].

Три условия эффективной работы системы государственного управления:

- 1) Продуктивное взаимодействие предприятий с гражданами;
- 2) Продуктивность внутренней работы каждого учреждения в отдельности;
- 3) Продуктивность взаимодействия органов власти между собой.

За последние годы значительно вырос объем общей информатизации органов государственного управления, а также поток управленческих документов и всего делопроизводства. В данном контексте следует рассмотреть еще одно современное понятие – электронная демократия – это система электронного взаимодействия органов власти и общества, при которой за счет предоставления гражданам доступа к WEB-сайтам государственных структур значительно упрощается задача получения государственной информации. Такая система обеспечивает прозрачность деятельности высших органов власти, позволяет гражданам более полно участвовать в решении государственных вопросов [2].

Целесообразно согласиться с мнением что информатизация влияет и на политическую ситуацию в мире, выделяя четыре информационных фактора:

- возможность использовать наиболее интеллектуальный потенциал как в своей страны, так и в других странах;
- возможность, используя все виды информационных технологий, успешно формировать социальную культуру – глубинную основу нации, государства, распространять и вводить свои нравственные ценности, свою культуру, язык;
- возможность препятствовать духовно-культурному развитию других стран, изменять и даже подрывать их духовно-нравственные основы;
- умение рядом с открытыми силовыми методами и средствами масштабно и целенаправленно использовать скрытые информационные методы и средства.

Как известно, в Российской Федерации осуществляется государственная информационная политика – совокупность основных направлений и способов деятельности государства по получению, использованию, распространению и хранению информации. Ее приоритетами являются, в частности, преодоление проблем, связанных с продолжением применения «бумажных» технологий, что приводит к непроизводительным затратам времени и ресурсов. Предлагаются следующие направления [1].



1. Поиск информации (упрощение поиска необходимой информации путём размещения в Интернете свежих и полных данных о правительственных органах).
  2. Взаимодействие с правительственными органами (сервисы для получения справок или разрешений).
  3. Принцип «одного окна» (автоматическая отправка запросов и отчётов).
- Такие цели требуют расширения сети интернет-порталов.

Построение системы для обмена документами в сети между организациями обеспечит: увеличение скорости доставки; гарантию доставки; снижение затрат [4].

Необходимо указать, что работа с бумажной документацией еще не скоро утратит свое значение - в ближайшем будущем работа с важными документами всё равно будет производиться в бумажном виде.

В результате исследования Siemens Business Services установили, что в некоторых компаниях:

- 1) 30% времени теряется на поиски и согласование документации;
- 2) 6% документации безвозвратно теряется;
- 3) любой документ дублируется до 20 раз;
- 4) на 20 - 25% повышается КПД при электронной работе с документацией;
- 5) цена хранения документов в электронном виде на 80% ниже если сравнивать с бумажными копиями.

Тем не менее в некоторых организациях уже используются электронные технологии работы с документацией, но с дублированием в бумажном варианте.

Введение законов, предусматривающих юридическую значимость ЭЦП, делает возможным разработку систем для работы с электронной документацией без дублирования и позволяет значительно уменьшить расходы правительственных органов.

Введение этой методики ускоряет обмен документации по организации; гарантирует оперативное рассмотрение документации; обеспечивает результативный контроль документации и принятия организаторских решений; повышает результативность работы чиновников и компании в целом; снижает затраты на дублирование и хранение огромного количества копий бумажной документации; увеличивает рациональность и качество принятия решений путём предоставления исполнителю наиболее полной документационной базы.

Наглядным примером использования электронного документооборота, с использованием ЭЦП, стала реализация проекта в сфере закупок, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд, путём электронных аукционов. Единая информационная система включает большой объем электронных документов, таких как: планы закупок; планы-графики; информацию об условиях, о запретах и об ограничениях допуска товаров, происходящих из иностранного государства, реестр контрактов, заключенных заказчиками; реестр недобросовестных поставщиков; реестр банковских гарантий; реестр жалоб, каталоги товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд и многое другое. Субъекты Российской Федерации и муниципальные образования создают региональные и муниципальные информационные системы в сфере закупок, интегрированные с единой информационной системой.

Итак, суммируя вышесказанное, можно сказать, что общий уровень информатизации деятельности органов государственного управления в Российской Федерации сейчас такой, что, кроме проблем интеграции их в информационную систему, нужно также существенно модернизировать сами объекты интеграции. Факторами, которые затрудняют осуществление информационно-аналитической работы являются:

- 1) неточность и неполнота информации, с которой работают органы государственной власти, порождаемые недостаточностью как ресурсов для ее получения, так и взаимодействия органов между собой;
- 2) ограничение реального времени, в течение которого должны быть приняты управленческие решения независимо от сложности решаемых вопросов и объемов обрабатываемой информации;
- 3) многокритериальность при принятии управленческих решений на всех уровнях органов государственной власти.

На современном этапе развития информационных технологий, основными направлениями государственной политики в сфере государственного управления должны быть: электронизация документооборота в органах государственной власти и местного самоуправления всех уровней, автоматизированный мониторинг состояния управления системами и подсистемами государственного организма на основе выработанных критериев и показателей работы с помощью автоматизированных средств и технологий, проведение социологических исследований с использованием электронных средств информации, дальнейшее развитие средств «электронного правительства» и «электронной демократии».

#### Литература

1. Абызова Е.Р. «Электронное государство» как институциональная основа правопорядка в информационном обществе // Алтайский юридический вестник. 2016. № 13. С. 32-36.
2. Матюнин Е.В. Модель «государство-предприниматели» в условиях информационных ограничений участников // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. 2016. № 4. С. 7-11.
3. Минитаева А.М. Роль и место информационных технологий в системе экономической безопасности государства // В сборнике: Анализ и современные информационные технологии в обеспечении экономической безопасности бизнеса и государства Сборник научных трудов и результатов совместных научно-исследовательских проектов. РЭУ им. Г.В. Плеханова. Москва, 2016. С. 510-513.
4. Павленко Е.М. Информационная функция культуры прав человека в современном государстве и обществе // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 5: Юриспруденция. 2016. № 1 (30). С. 82-87.

#### References

1. Abyzova E.R. «Elektronnoe gosudarstvo» kak institucional'naja osnova pravoporjadka v informacionnom obshhestve // Altajskij juridicheskij vestnik. 2016. № 13. S. 32-36.

2. Matjunin E.V. Model' «gosudarstvo-predprinimateli» v uslovijah informacionnyh ogranichenij uchastnikov // Proizvodstvennyj menedzhment: teorija, metodologija, praktika. 2016. № 4. S. 7-11.

3. Mininaeva A.M. Rol' i mesto informacionnyh tehnologij v sisteme jekonomicheskoy bezopasnosti gosudarstva // V sbornike: Analiz i sovremennye informacionnye tehnologii v obespechenii jekonomicheskoy bezopasnosti biznesa i gosudarstva Sbornik nauchnyh trudov i rezul'tatov sovmestnyh nauchno-issledovatel'skih proektov. RJeU im. G.V. Plehanova. Moskva, 2016. S. 510-513.

4. Pavlenko E.M. Informacionnaja funkcija kul'tury prav cheloveka v sovremenном gosudarstve i obshhestve // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 5: Jurisprudencija. 2016. № 1 (30). S. 82-87.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.176

Реусова Т.В.

Кандидат технических наук,

ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К. И. Скрябина

# **НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ВОЛОС ШКУРОК КРОЛИКА МЕХОВОГО, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТЬ ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

**Аннотация**

*В статье показан пример наработки показателей свойств волос шкурок кролика мехового для базы данных по идентификации вида животных. Даны основные характеристики волосяного покрова шкурок кролика пород - фландр и советская шиншилла. Приведены результаты исследования морфологического строения и некоторых свойств всех категорий волос, составляющих волосяной покров шкурок кроликов пород - фландр и советская шиншилла. Изучена вариативность некоторых показателей волос кролика в зависимости от породной принадлежности животного и топографического участка шкурки.*

**Ключевые слова:** волос, идентификация, животное, свойства, кролик, показатели.

Reusova T.V.

PhD in Engineering,

Moscow SAVMB

# **SOME INDICATORS OF THE PROPERTIES OF THE DIFFERENT CATEGORIES OF HAIR RABBIT FUR PELTS THAT DETERMINE THE POSSIBILITY OF SPECIES IDENTIFICATION**

**Abstract**

*The article is an example of use performance properties of hair rabbit fur pelts for a database for the identification of animal species. Given the basic characteristics of hair rabbit pelt rocks - Flanders and Soviet Chinchilla. The results of the study of the morphological structure and some properties of all hair categories that make up the scalp skins breeds of rabbits - Flanders and Soviet Chinchilla. Studied the variability of some indicators of rabbit hair, depending on the breed of the animal accessories and topographic site skins.*

**Keywords:** hair, identification, animal, properties, rabbit, indicators.

Перед нами стоит задача по разработке новой, более совершенной методике идентификации волос животных, наиболее часто контактирующих с человеком, а также волос с различных меховых изделий. При помощи компактного портативного сканера можно идентифицировать волос от живого животного и шкур, как в сырье, так и в полуфабрикате и в готовых изделиях.

Для создания сканирующего экспресс метода идентификации волос животных необходима база данных показателей, характеризующих все категории волос с учетом вида, породы, пола и других особенностей наружного покрова животных. Одним из таких видов можно считать кролика и его мех.

Цель данной работы заключалась в проведении анализа и выборе показателей для идентификации волосяного покрова кролика мехового. Объектами для исследования служили шкурки 4,5-месячных кроликов, выращенных по традиционной системе содержания. Для исследования использовали по 50 шкурок кроликов, наиболее распространенных в настоящее время пород- фландр и советская шиншилла.

Волосяной покров шкурок кролика пород советская шиншилла и фландр состоит из четырех категорий: направляющий, ость, переходный, пух. Пуховой волос имеет цилиндрическую форму, переходный и остью – ланцетовидную, а направляющий веретеновидную форму. По степени изогнутости пуховой и переходный волос – извитой, ость и направляющий имеют изогнутую форму [1].

Категории волос кролика советская шиншилла.

Направляющий волос прямой, без какой-либо извитости, с ярко выраженной гранной, которая составляет 30% от общей длины волоса. Остью волос характеризуется незначительной извитостью и не превышает 1 извитка на 1 см (2-3%). В основании он значительно тоньше и гранна составляет 25% от общей длины волоса, при этом она зонально окрашена. Гранна у переходного волоса не превышает 33% от общей длины, при этом она так же характеризуется зональным распределением пигмента, а так же слабой степенью извитости 2 извитка на 1см(5%). Относительно пухового волоса можно сказать, что он имеет высокую степень извитости и составляет 6 извитков на 1см (45-50%).

Категории волос кролика породы фландр.

Направляющий волос прямой, без какой-либо извитости, с ярко выраженной гранной, которая составляет 25% от общей длины волоса. Остью волос так же характеризуется прямым строением стержня. Гранна составляет 30% от общей длины волоса, при этом она зонально окрашена. Гранна у переходного волоса не превышает 40% от общей длины, при этом она так же характеризуется зональным распределением пигмента, а так же слабой степенью

извитости - 1 извиток на 1см (3%). Относительно пухового волоса можно сказать, что он имеет высокую степень извитости и составляет 6 извитков на 1см (45-50%).

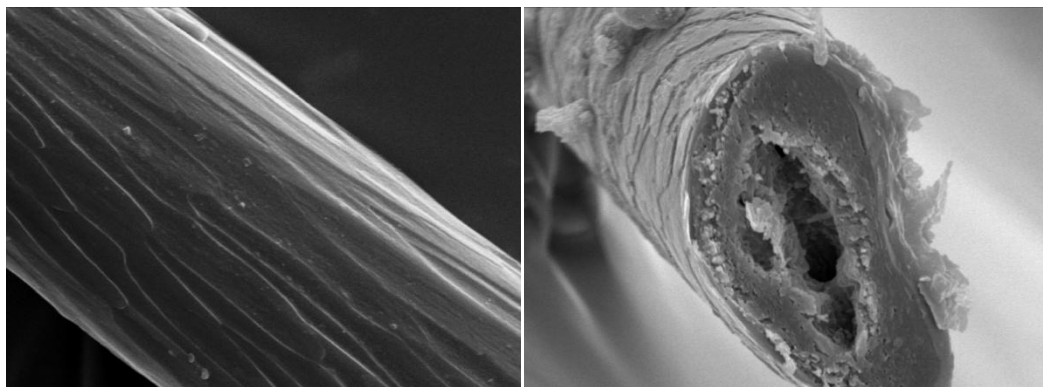


Рис. 1 – Чешуйчатый слой направляющего волоса кролика породы фландр в гранне и поперечный срез

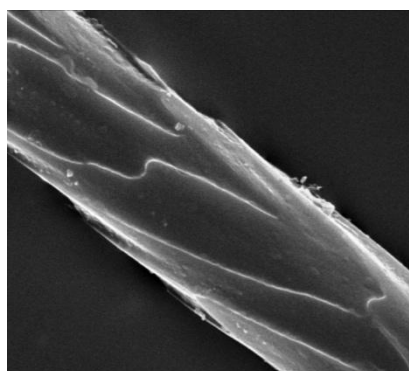


Рис. 2 – Чешуйчатый слой основания направляющего волоса кролика породы фландр

Направляющий волос в гранне имеет некольцевидную форму чешуйчатого слоя, при корonoобразном строении чешуек. Кончики чешуек характеризуются вытянутой формой, но закругленным кончиком. Основание направляющего волоса характеризуется кольцевидной формой чешуйчатого слоя, при этом корonoобразное строение чешуек сохраняется на протяжении всего стержня волоса. Поперечный срез направляющего волоса в гранне имеет бобовидную форму. Исходя из полученных фотографий, можно сделать вывод о том, что корковый слой волоса составляет 60% от толщины волоса, а чешуйчатый слой не превышает 5%. Сердцевинный слой развит в незначительной мере, что и обуславливает гибкость и прочность волоса, а также его теплозащитные свойства. Кутикула остевых волос характеризуется некольцевидной формой структурных компонентов - по окружности волоса располагается несколько чешуек, и поверхность волоса покрывается ими подобно рыбьей чешуе. Чешуйки имеют вид неправильно очерченных пластинок, плотно налегающих своим верхним краем на нижний край следующей чешуйки. Поперечный срез в гранне имеет двояковогнутую форму и характеризуется следующим соотношением слоев: 5%чешуйчатый, 30%корковый и 65%сердцевинный.

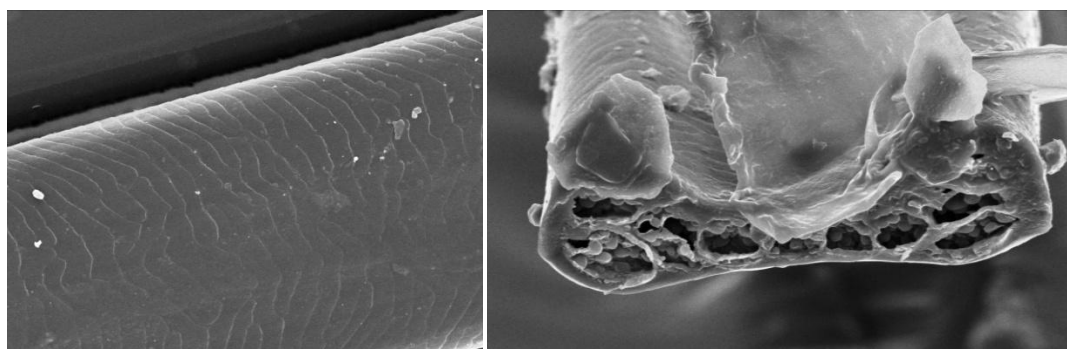


Рис. 3 – Чешуйчатый слой гранны острого волоса кролика породы фландр и поперечный срез

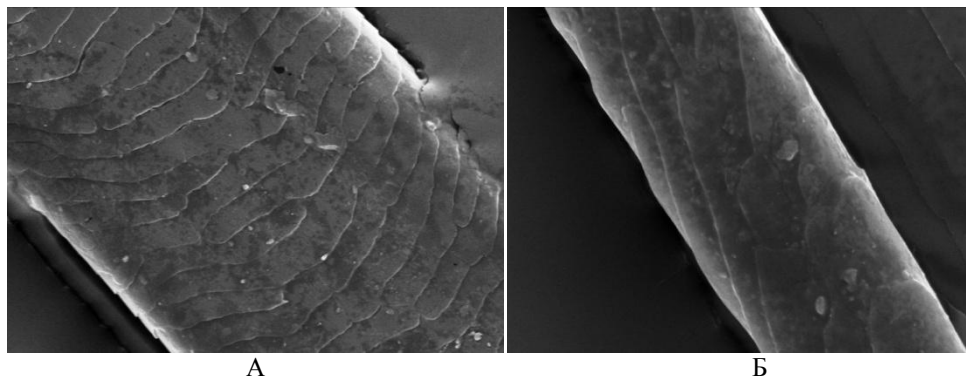


Рис. 4 – Чешуйчатый слой переходного волоса кролика породы фландр в гранне (А) и в основании (Б)

Гранна переходного волоса характеризуется уплощенной формой чешуек, которые внахлест находят друг на друга и не образуют замкнутого кольца. При исследовании основания переходного волоса выявлено, что кутикулярный слой сформирован кольцеобразными чешуйками, которые вытянуты в одной плоскости, но имеют закругленную форму.

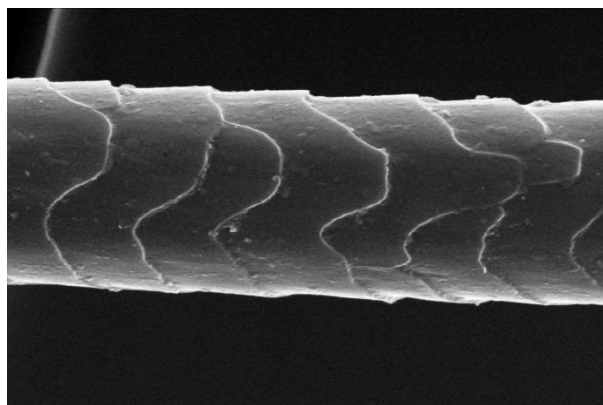


Рис. 5 – Чешуйчатый слой пухового волоса кролика породы фландр

Пуховой волос характеризуется кольцеобразным строением чешуек, которые расположены таким образом, что верхний край нижележащего кольца прикрывает нижний край следующего кольца, образуя своеобразную ступенчатость, что способствует сохранению поверхности кожного покрова от намокания.

Результаты измерений длины и толщины волос на шкурках кролика породы советская шиншилла и фландр представлены в таблицах с 1 по 4.

Таблица 1– Длина и толщина направляющего волоса шкурок кролика, n=200

	Порода					
	Советская шиншилла			Фландр		
Показатель	$X \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$	$X \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$
Длина, мм						
Хребет	39,38±0,14	0,71	2,00	39,92±0,08	1,17	2,00
Огузок	35,68±0,17	0,85	2,00	37,50±0,05	0,84	2,00
Бок	37,42±0,16	1,79	4,00	37,52±0,08	1,19	3,00
Черев	32,20±0,19	1,49	3,00	36,39±0,12	1,23	3,00
Толщина, мкм						
Хребет	117,92±0,10	2,63	3,00	88,88±0,08	1,25	1,00
Огузок	86,88 ±0,19	5,63	6,00	119,68±0,16	3,71	3,00
Бок	125,60±0,14	2,07	1,00	74,88±0,11	1,67	2,00
Черев	76,56±0,09	1,36	1,00	67,28±0,12	1,76	3,00

Из данных таблицы 1 видно, что показатели длины направляющего волоса кролика породы фландр уменьшаются в следующей последовательности: хребет – бок – огузок – черев. Однако по толщине нет такой четкой зависимости и наибольшее значение на огузке – 119,7 мкм, далее идет хребет, бок, а наименьшее значение на топографическом участке черев, поскольку там волос наиболее мягкий и шелковистый. Направляющий волос со шкурок кролика

породы советская шиншилла характеризуется тем, что на хребте и боку волос наиболее длинный (39-37,5 мм), при этом более короткий на череве и составляет всего 32,2мм. Если сравнивать толщину направляющих волос со шкурок кролика советская шиншилла, то установлено, что наибольшие значения она имеет на боку и хребте, а наименьшие на череве.

Таблица 2 – Длина, толщина в основании и гранне стержня остевого волоса шкурок кролика, n=200

Показатель	Порода					
	Советская шиншилла			Фландр		
	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$
Длина, мм						
Хребет	29,10±0,12	0,64	2,00	34,62±0,06	0,94	2,00
Огузок	31,28±0,12	0,62	1,00	32,86±0,06	0,89	2,00
Бок	31,96±0,18	1,44	4,00	34,00±0,19	2,00	6,00
Череве	30,28±0,10	1,19	2,00	33,64±0,19	1,49	4,00
Толщина гранны, мкм						
Хребет	126,56±0,18	4,58	3,00	127,36±0,15	3,56	2,00
Огузок	98,24±0,13	1,91	3,00	126,24±0,17	5,73	4,00
Бок	92,00±0,14	1,98	2,00	120,80±0,14	2,05	1,00
Череве	92,00±0,10	1,52	1,00	104,16±0,19	3,15	0,03
Толщина основания, мкм						
Хребет	73,60±0,18	4,58	3,00	64,96±0,12	1,81	2,00
Огузок	69,92±0,15	3,58	7,00	66,40±0,13	3,34	5,00
Бок	64,48±0,14	2,11	3,00	66,72±0,07	1,07	1,00
Череве	65,04±0,10	1,44	2,00	63,20±0,09	1,40	2,00

Результаты таблицы 2 указывают, что средняя длина остевых волос со шкурок кролика породы советская шиншилла на хребте и огузке составляет 31,5мм, а наименьшее значение на хребте – 29мм. Наибольшую толщину остевого волос в гранне имеет на хребте, а наименьшую на боку и череве. Длина остевого волоса со шкурок кролика породы фландр находится в пределах 33мм на огузке и череве - 34мм на боку и хребте. Максимальная толщина остевого волоса на хребта – 127мкм, а самый тонкий остевого волос на черева – всего 104мкм.

Таблица 3– Длина и толщина стержня переходного волоса шкурок кролика, n=200

Показатель	Порода					
	Советская шиншилла			Фландр		
	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v$	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v$
Длина, мм						
Хребет	25,10±0,14	0,72	2,00	31,76±0,06	0,96	3,00
Огузок	26,72±0,13	0,64	2,00	31,50±0,09	1,36	4,00
Бок	28,96±0,12	0,63	2,00	28,04±0,05	0,75	2,00
Череве	23,20±0,10	0,70	3,00	29,75±0,12	1,44	3,00
Толщина, мкм						
Хребет	26,40±0,10	1,52	5,00	30,00±0,12	1,83	6,00
Огузок	27,04±0,11	1,65	6,00	29,44±0,07	1,13	3,00
Бок	24,80±0,10	1,52	6,00	24,96±0,10	1,44	5,00
Череве	25,04±0,09	1,32	5,00	28,40±0,09	1,40	3,00

По данным таблицы 3 можно утверждать, что на топографическом участке бок показатель длины переходного волоса со шкурок кролика породы советская шиншилла составляет 29мм, тогда как на огузке этот показатель всего лишь 27мм, а на хребте – 25мм. Наименьшее значение длины переходного волоса на череве – 23мм. Однако по толщине тенденция обратная. Наиболее тонкий переходный волос на боку – 24,8мкм, несколько толще на череве, а на хребте и огузке достигает 27мкм. На шкурках кролика породы фландр переходный волос на хребте и огузке достигает длины 31,5мм, тогда как на череве всего лишь 30 мм, при этом на боку она не превышает 28мм. Относительно толщины можно сказать, что переходный волос с хребта и огузка по толщине не превышает 30мкм, на череве в среднем 28мкм, а на боку всего лишь 25мкм.

Таблица 4 – Длина и толщина стержня пухового волоса шкурок кролика, n=200

Показатель	Порода					
	Советская шиншилла			Фландр		
	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma$	$C_v, \%$
Длина, мм						
Хребет	21,40±0,15	0,78	3,00	22,36±0,09	1,28	5,00
Огузок	24,22±0,17	0,85	3,00	24,06±0,05	0,77	3,00
Бок	20,62±0,14	1,19	5,00	24,96±0,05	0,84	3,00
Череве	24,60±0,19	0,80	3,00	25,45±0,10	0,92	5,00
Толщина, мкм						
Хребет	16,24±0,08	1,16	7,00	17,3±0,16	2,76	15,00
Огузок	15,84±0,08	1,21	7,00	19,12±0,16	2,31	12,00
Бок	14,40±0,09	1,40	9,00	15,5±0,18	3,12	20,00
Череве	14,00±0,06	0,95	6,00	14,56±0,10	1,48	10,00

Пуховой волос на шкурках кролика советская шиншилла не уравниен по длине, и находится в пределах от 21мм на боку и хребте до 24,5мм на огузке и череве. Однако по толщине нет сильного разброса показателей в зависимости от топографии: на боку и череве 14мкм, а на хребте и огузке 16мкм. Длина пуховых волос на шкурках кролика породы фландр значительно больше, чем у породы советская шиншилла и составляет на хребте 22мм, на огузке 24мм, а на череве 25,5мм. При этом показатели по толщине пухового волоса не уравниены: наибольшее значение на огузке – 19мкм, далее идет хребет – 17мкм, а наиболее тонких волос на череве – 14,5мкм.

Для создания максимально полной базы данных программного обеспечения при идентификации волос животных, в частности волоса кроликов пород советская шиншилла и фландр, необходимо учитывать все показатели, представленные выше: длину и толщину стержня каждой категории волоса с учётом топографического участка шкурки.

#### Литература

1. Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации.[Электронный ресурс]/Биологическая экспертиза. - Режим доступа: <http://www.sudexpert.ru/possib/bio.php>
2. Штукатурова И.Б. Товароведение и экспертиза меховых шкурок кроликов: Лекция / И.Б. Штукатурова - М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2005, 34 с.

#### References

1. Russian Federal Forensic Centre of the Ministry of Justice of the Russian Federation [Electronic resource] / Biological expertise.- Access: <http://www.sudexpert.ru/possib/bio.php>
2. Shtukaturov I.B. Commodity and examination of fur skins of rabbits: Lecture / IB Shtukaturov - M.: FSEIHPE MGAVMiB them. KI Scriabin, to 2005, 34p

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.063

Сидоров А.И.<sup>1</sup>, Саидалиев Ш.С.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-5801-9140, аспирант,

Южно-Уральский государственный университет;

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ПО УСЛОВИЯМ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ****Аннотация**

*В статье приведены результаты исследования влияния сопротивления заземления нейтрали источника питания ( $R_0$ ) электрической сети напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью на условия электробезопасности. Приведены графики изменения значений  $R_0$  для классов напряжений сети при длительно допустимом напряжении прикосновения, равное  $U_{Zh} = 20$  В и  $U_{Zh} = 12$  В.*

**Ключевые слова:** зануление, заземления нейтрали, напряжение на PEN-проводнике.

Sidorov A.I.<sup>1</sup>, Saidaliev Sh.S.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, Professor; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-5801-9140, Postgraduate student,

South Ural State University;

**THE RATIONAL VALUE OF THE GROUNDING RESISTANCE OF THE NEUTRAL ON THE ELECTRICAL SAFETY CONDITIONS****Abstract**

*In the article results of research of influence of grounding resistance of a neutral of the power source ( $R_0$ ) in electric network with voltage up to 1000 V with dead-earthed neutral on terms of electrical safety are provided. The graphs of changing of  $R_0$  values for the voltage of the network at the long-term permissible touch voltage equal to  $U_{Zh} = 20$  and  $U_{Zh} = 12$  V are showed.*

**Keywords:** neutralling, neutral grounding, voltage PEN-conductor.

Общеизвестно, что в настоящее время основным недостатком системы зануления является длительное время отключения поврежденного участка сети при однофазном коротком замыкании [1, 2, 3]. При этом, появившееся на PEN-проводнике относительно земли напряжение ( $U_{PEN}$ ) представляет угрозу для жизни человека, прикоснувшегося к корпусу поврежденной электроустановки.

Согласно Правилам устройств электроустановок (ПУЭ) [4], для снижения напряжения прикосновения на время до отключения поврежденного участка сети или на случаи обрыва нулевого провода (PEN-провода) рекомендуется устраивать повторные заземлители PEN-провода.

Нормирование параметров системы зануления несколько повышает эффективность и надежность ее показателей, как защитной меры, однако не устраняет недостатки, возникающие при эксплуатации системы зануления. При значениях сопротивлений заземления нейтрали и повторного заземления, соответствующих требованиям ПУЭ, напряжение на корпусах и металлических нетоковедущих частях электроустановок существенно превышает предельно допустимый уровень напряжений прикосновения. Такое положение ставит под сомнение рациональность значений  $R_0$ , регламентированных в ПУЭ с точки зрения обеспечения электробезопасности. Тем не менее, при нормируемых в ПУЭ значениях  $R_0$  и  $R_n$  ( $R_0/R_n=0,4$ ), величина  $U_{PEN}$  остается неизменной при всех напряжениях сети – 660/380, 380/220 и 220/127 В и составляет 0,714  $U_{\phi}$ . Следовательно, величины сопротивления этих заземлителей нельзя считать рациональными с точки зрения обеспечения электробезопасности [5].

**Компьютерное моделирование системы зануления**

Для проведения исследований влияния параметров системы зануления на условия электробезопасности нами была использована компьютерная модель, ранее разработанная на кафедре безопасности жизнедеятельности Южно-Уральского государственного университета в программе MATLAB/Simulink [2]. С целью решения поставленных задач указанная модель была дополнена рядом элементов, в частности, были добавлены: блок, имитирующий сопротивление тела человека, прикоснувшегося к нетоковедущей части, блок имитации возникновения однофазного замыкания фазы на землю (ОЗЗ) при различных значениях сопротивлений растеканию тока [6].

При моделировании были приняты следующие допущения:

- земля будет считаться проводником, обладающий бесконечно малым сопротивлением;
- при моделировании не учитываются сопротивления обуви и пола.

Исходя из данных, приведенных в литературе, исследования проводились на компьютерной модели четырехпроводной воздушной сети напряжением 380 В системы TN-C длиной 500 м, и проводами марки АС.

На компьютерной модели были проведены исследования по определению:

– зависимости значений ожидаемого напряжения на PEN-проводнике относительно земли ( $U_{PEN}$ ) и тока, проходящего через тело человека ( $I_h$ ), от соотношения  $R_0/R_n$  при возникновении однофазного короткого замыкания (ОКЗ);

– изменение значения  $U_{PEN}$  в зависимости от соотношения  $R_{зм}/R_0$  при возникновении однофазного замыкания на землю (ОЗЗ);

– распределение  $U_{PEN}$  от изменения соотношения  $R_0/R_n$  при обрыве PEN-проводника и возникновении однофазного замыкания.

Результаты, полученные на компьютерной модели, подтвердили, что установленные в ПУЭ значения  $R_0$  и  $R_n$  (соотношения  $R_0/R_n = 0,4$ ) не обеспечивают необходимый уровень электробезопасности, поскольку при однофазном коротком замыкании на PEN-проводник величина  $U_{PEN}$  относительно земли и  $I_h$  существенно превышают предельно допустимые нормы (ПДУ), установленные ГОСТом 12.1.038–82 [7].

**Аналитическое исследование системы зануления**

Для обеспечения требований электробезопасности значение  $R_0$  должно быть таким, чтобы в случае замыкания любой фазы на землю через сопротивление  $R_{зм}$ , напряжение, под которым окажется человек, прикоснувшийся к зануленному корпусу или к PEN-проводнику непосредственно, не превышало допустимого напряжения прикосновения  $U_{Zh} = 20$  В для производственных электроустановок и  $U_{Zh} = 12$  В для бытовых электроустановок.

Наиболее тяжелые, но вполне реальные условия, это когда человек, касаясь зануленного корпуса, находится за пределами зоны растекания тока замыкания на землю, т.е.  $\alpha_1 = 1$  ( $\alpha_1$  – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий форму потенциальной кривой); сопротивление растеканию ног человека незначительно по сравнению с сопротивлением тела человека  $R_h$ , и им можно пренебречь, т.е.  $\alpha_2 = 1$  ( $\alpha_2$  – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек). Следовательно:

$$U_{Zh} \geq \frac{U_{\phi}}{1 + \frac{R_{зм}}{R_0}}. \quad (1)$$

Обозначив в (1)  $\frac{R_{зм}}{R_0} = x$ , получим:

$$U_{Zh} \geq \frac{U_{\phi}}{1 + x}. \quad (2)$$

Как правило, при возникновении замыкания фазы на землю автоматическое отключение питания сети не происходит, и зануленные корпуса будут длительное время находиться под напряжением  $U_{PEN}$  (до устранения повреждения или отключения вручную сети либо поврежденной фазы от источника питания). Поэтому, длительно допустимое напряжение прикосновения принимаем, согласно требованию ГОСТа 12.1.038–82 [7]: для производственных электроустановок  $U_{Zh} = 20$  В, для бытовых электроустановок –  $U_{Zh} = 12$  В.

Подставив в (2) соответствующих значений  $U_{\phi}$  и  $U_{Zh}$  находим величину  $x$ ,  
– для  $U_{Zh} = 20$  В:

$$20 \geq \frac{U_{\phi}}{1 + x}, \quad (3)$$

– для  $U_{Zh} = 12$  В:

$$12 \geq \frac{U_{\phi}}{1 + x}. \quad (4)$$

Графики изменения значений  $R_0$  для классов напряжений сети при длительно допустимом напряжении прикосновения, для производственных электроустановок  $U_{Zh} = 20$  В приведены на рис. 1.

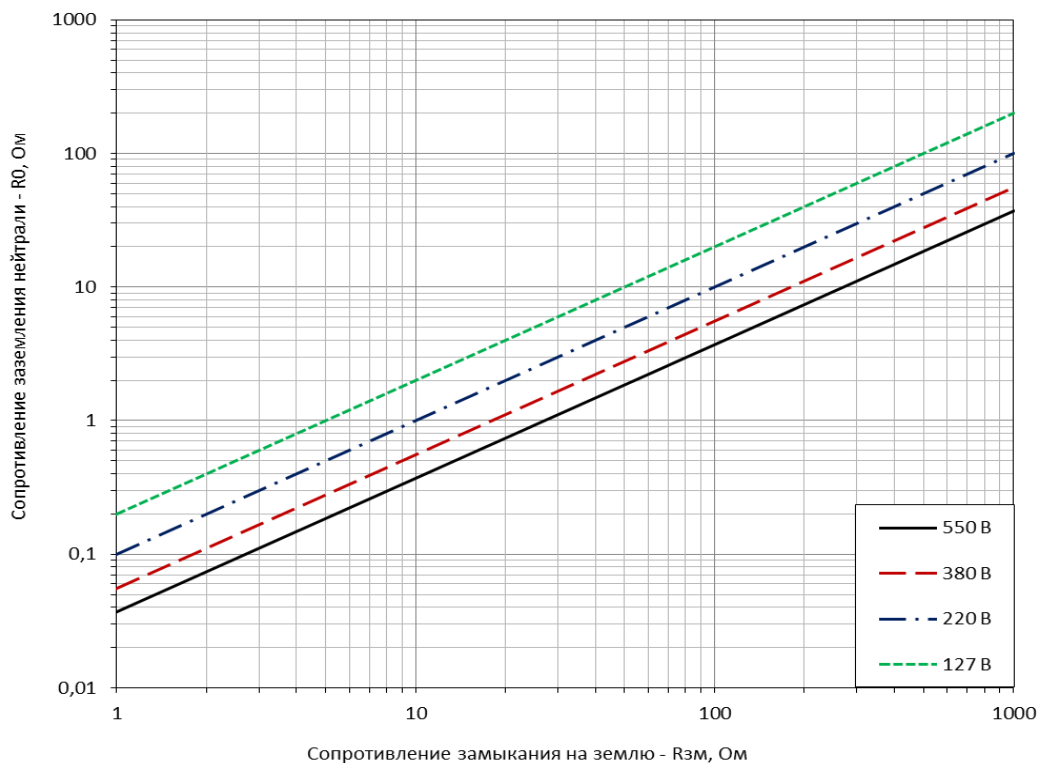


Рис. 1 – Изменение сопротивления заземления нейтрали источника питания, при котором  $U_{Zh} \leq 20$  В



Графики изменения значений  $R_0$  для классов напряжений сети при длительно допустимом напряжении прикосновения, для бытовых электроустановок  $U_{Zh} = 12$  В приведены на рис. 2.

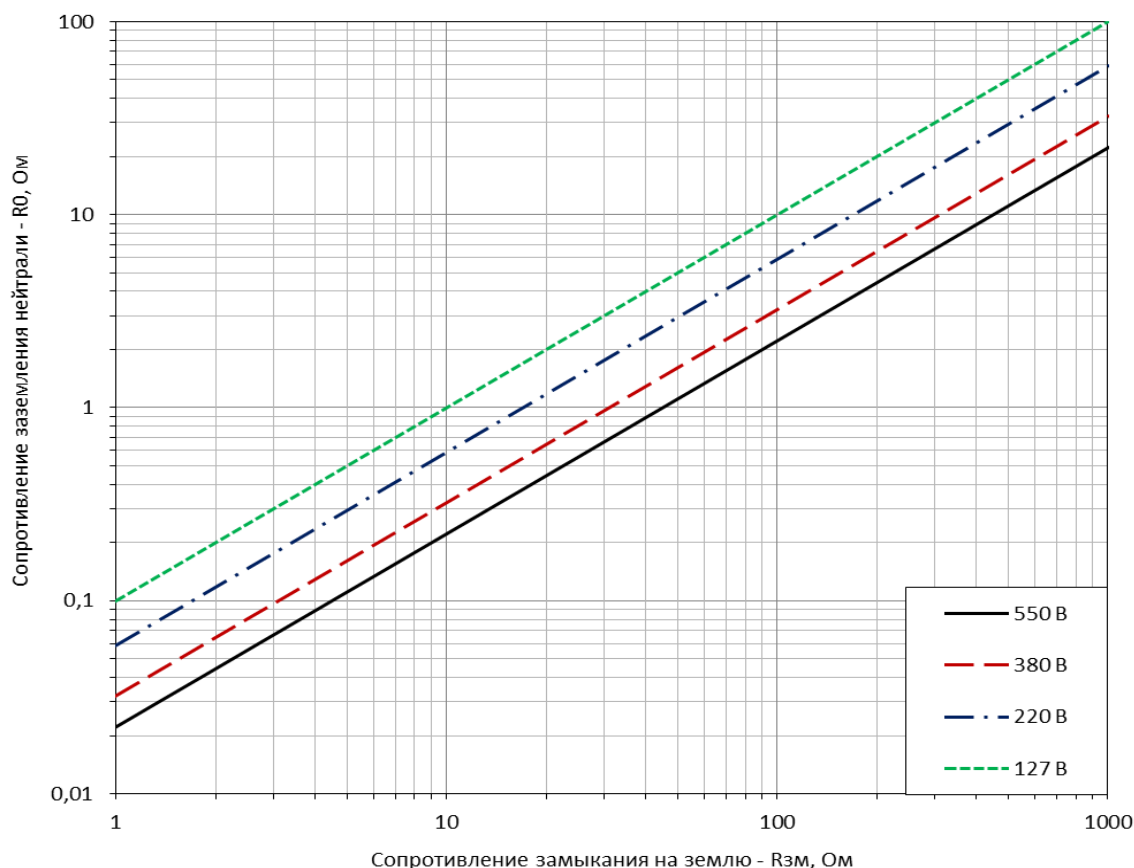


Рис. 2 – Изменение сопротивления заземления нейтрали источника питания, при котором  $U_{Zh} \leq 12$  В

Следует отметить, что согласно данным, приведенным в литературе,  $R_{зм}$ , в основном, зависит от длины провода, упавшего на землю. Статистические исследования показывают, что наибольшую вероятность обрыва имеют провода марки А-16, а обрыв проводов сечением более  $50 \text{ мм}^2$  происходит очень редко.

Из материалов типовых проектов опор воздушных линий напряжением до 1000 В следует, что расчетная длина промежуточного пролета для ВЛ-0,38 кВ принимается не более 50 м. Следовательно, при обрыве фазного провода (с учетом высоты подвески верхнего провода на опоре и свободного провисания его на соседних пролетах) наибольшая его часть, находящаяся на земле, оказывается равной 30 м. Однако ввиду того, что оборвавшийся провод не лежит строго прямолинейно, а также вследствие неровностей почвы, непосредственный контакт провода с землей составит менее 50% его длины и поэтому максимально возможную длину оборвавшегося провода, касающегося земли, можно принять равным 15 м. Исходя из этого, с высокой вероятностью можно принять, что сопротивление лежащего на земле после обрыва фазного провода определяется выражением:  $R_{зм} = 0,3\rho$  [8].

Таким образом, например, для удельного электрического сопротивления земли  $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , значение  $R_{зм}$  составляет 30 Ом. По графикам, приведенным на рис. 1 определяем значение  $R_0$  для трехфазной сети напряжением 380/220 В, что составляет величину  $R_0 = 3$ .

#### Заключение

Проведенное исследование позволит утверждать, что фиксированное значение сопротивления заземления нейтрали  $R_0$  для приведенных напряжений электрической сети, которое предлагается в ПУЭ, не обеспечивает ПДУ напряжений на PEN-проводнике относительно земли. Величину  $R_0$  следует выбрать при определенном соотношении от сопротивления растеканию тока неизолированного провода, лежащего на земле  $R_{зм}$ .

#### Литература

1. Щуцкий В. И. Безопасность при эксплуатации электротехнических систем / В. И. Щуцкий, А. И. Сидоров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 282 с.
2. Валеев Р. Г. Повышение уровня электробезопасности в электрических сетях напряжением до 1000 В при однофазных коротких замыканиях: дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 2014. – 220 с.
3. Семенова М. Н. Обоснование перехода от глухозаземленной нейтрали к изолированной в сетях электроустановок сельскохозяйственного назначения напряжением до 1000 В: дис. канд. техн. наук. – Челябинск, 2011. – 153 с.
4. Правила устройства электроустановок: утв. Приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. № 242 / М-во энергетики Российской Федерации. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
5. Савицкий Л. В. Обоснование функций системы контроля состояния зануления / Л. В. Савицкий, К. С. Фетько, Ш. С. Сайдалиев, А. И. Сидоров // Электробезопасность. – 2012. – № 4. – С. 18-21.

6. Сидоров А. И. Компьютерная модель для исследования условий электробезопасности системы зануления в программной среде MATLAB/Simulink / А. И. Сидоров, Ш. С. Сайдалиев, Р. Г. Валеев // Вестник Таджикского технического университета им. акад. М. С. Осими. Серия «Энергетика». – 2015. – № 1 (29). – С. 59-63.

7. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изм. № 1). – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.

8. Верхогляд М. И. Обоснование сопротивлений повторных заземлений нулевого провода // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976, №6. С. 28-30.

#### References

1. Shchutskiy V. I. Bezopasnost' pri ekspluatatsii elektrotekhnicheskikh sistem / V. I. Shchutskiy, A. I. Sidorov. – Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2001. – 282 s.

2. Valeev R. G. Povyshenie urovnya elektrobezopasnosti v elektricheskikh setyakh napryazheniem do 1000 V pri odnofaznykh korotkikh замыкaniyakh: dis. kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2014. – 220 s.

3. Semenova M. N. Obosnovanie perekhoda ot glukhozazemlennoy neytrali k izolirovannoy v setyakh elektroustanovok sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya napryazheniem do 1000 V: dis. kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2011. – 153 s.

4. Pravila ustroystva elektroustanovok: utv. Priказом Minenergo Rossii ot 20 iyunya 2003 g. № 242 / M-vo energetiki Rossiyskoy Federatsii. – 7-e izd. – М.: Изд-во NTs ENAS, 2003.

5. Savitskiy L. V. Obosnovanie funktsiy sistemy kontrolya sostoyaniya zanuleniya / L. V. Savitskiy, K. S. Fet'ko, Sh. S. Saydaliev, A. I. Sidorov // Elektrobezopasnost'. – 2012. – № 4. – С. 18-21.

6. Sidorov A. I. Komp'yuternaya model' dlya issledovaniya usloviy elektrobezopasnosti sistemy zanuleniya v programmnoy srede MATLAB/Simulink / A. I. Sidorov, Sh. S. Saydaliev, R. G. Valeev // Vestnik Tadzhijskogo tekhnicheskogo universiteta im. akad. M. S. Osimi. Seriya «Energetika». – 2015. – № 1 (29). – С. 59-63.

7. GOST 12.1.038-82 SSBT. Elektrobezopasnost'. Predel'no dopustimye znacheniya napryazheniy prikosnoveniya i tokov (s Izм. № 1). – М.: ИПК Изд-во standartov, 2001.

8. Verkhoglyadov M. I. Obosnovanie soprotivleniy povtornykh zazemleniy nulevogo provoda // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva. – 1976, №6. S. 28-30.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.146

Сизяков В.М.<sup>1</sup>, Бажин В.Ю.<sup>2</sup>, Судницин Е.О.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Доктор технических наук, <sup>2</sup>доктор технических наук, <sup>3</sup>аспирант,  
Санкт-Петербургский горный университет

#### ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АНОДОВ СОДЕРБЕРГА

#### Аннотация

*В статье выделены проблемы, связанные с эксплуатацией самообжигающихся анодов, применяемых в процессе электролитического производства алюминия по технологии Содерберга. Предложен к рассмотрению инновационный способ формирования структуры композитной массы, основанный на модификации кокса наполнителя, в совокупности с точечной корректировкой физико-химических свойств связующего, за счет внедрения технического углерода выбранной марки. Выделены технологически значимые характеристики целевого композита, и методики их определения.*

**Ключевые слова:** анод, электролизеры, модификация, кокс, углерод, вакуумирование, термообработка.

Bazhin V.Yu.<sup>1</sup>, Sizjakov V.M.<sup>2</sup>, Sudnicin E.O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, Professor, <sup>2</sup>PhD in Engineering, Professor, <sup>3</sup>Postgraduate student,  
St. Petersburg Mining University

#### FORMATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF SODERBERG ANODES

#### Abstract

*The article is considered problems, associated with self-baking Soderberg anodes operations of electrolytic production of aluminum. An innovative method for structuring of composite paste, that are based on the modification of aggregate coke and binder content with insertion of special black carbon is proposed to consideration. Technologically important characteristics of the target composite, and methods of their determination was allocated.*

**Keywords:** anode, cell, modification, coke, carbon, vacuum and heat treatment.

#### ВВЕДЕНИЕ

Крупнейшим потребителем углерода в РФ является алюминиевая промышленность. В процессе электролитического производства алюминия по классической технологии Содерберга используются углеродные аноды. В настоящее время, данная технология имеет ряд серьезных недостатков, из которых главными являются: выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (диоксида углерода, смолистых и полиароматических веществ), высокий расход электроэнергии, высокий удельный расход массы (порядка 500 кг на тонну алюминия).

В условиях политики энергосбережения и ужесточения экологических требований появляется острая необходимость решения описанных проблем.

Для ликвидации вышеописанных «побочных» эффектов следует решить ряд задач:

- снизить степень сегрегации (предотвратить возможность расслоения анодной массы);
- уменьшить выход канцерогенов в атмосферу;
- максимально снизить или совсем предотвратить образование угольной пены.

Качество целевого продукта данного производства, технико-экономические и экологические показатели во многом зависят от реологических и физико-химических свойств анодной массы.

Решение поставленных задач кроется в формировании структуры анода по принципу композитного материала, т.е. скелета из модифицированного кокса и антрацита, скрепленного связующим (каменноугольным / нефтяным / гибридным пеком), с учетом требований к конечному продукту. Руководствуясь теорией композитных материалов, можно предположить - композит (конечный продукт) превосходит по свойствам, составляющие его компоненты.

Понижение степени сегрегации достигается при создании определенной структуры композита и условий, при которых масса, опускающаяся в колонне анода, максимально уплотнялась, что в свою очередь повысит механическую прочность анода, снизит общую пористость, что в сумме дает уменьшение удельного расхода электродной массы на тонну алюминия.

В.И. Крылов [0], Я.С. Каждан [2] и О. Bowitz [3] занимались разработкой рецептур анодных масс и обоснованием такого гранулометрического состава, при котором насыпная плотность композита максимально приблизится к расчетному значению истинной плотности. Более глубокая разработка пекококсовых композиций проводилась специалистами ВАМИ.

Основные диапазоны условного диаметра зерен наполнителя приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Гранулометрические составы анодных масс

Наименование фракции	Состав №1	Состав №2
Первая (грубая)	-12...+5	+8...-4
Вторая (средняя)	-5...+2	-4...+2
Третья (отсев)	-2	-2

Расчетное значение коэффициента объемного заполнения для представленных в табл. 1. фракционных составов составляет 88,6 %. Эмпирические данные расходятся с теоритическими практически на четверть, практический коэффициент объемного заполнения на 20-25 % меньше планируемого, оставшиеся пустоты (35-40 % конечного объема) заполняют тонкой фракцией, с условным диаметром частиц – 0,16 мм.

Разработкой «сухого» анода так же занимался Янко Э.А. [4], предложенная им методика дальнейшего уплотнения массы основана на виброуплотнении. Такой способ позволяет достичь значения насыпной плотности массы 1,30 – 1,32 г/см<sup>3</sup>.

Для получения массы с такой степенью уплотнения без непосредственного плавления связующего, возможно при практически значимом фракционном составе:

- а) крупная фракция – 20-30 %;
- б) средняя фракция – 30-35 %;
- с) пылевая фракция – 30-45 %.

Интервалы значений процентного содержания каждой фракции в полной мере подтверждаются широко распространенными трехфазными диаграммами, отражающие зависимость вибронасыпной плотности от фракционного состава, при испытании различных сортов кокса (рис. 1.).

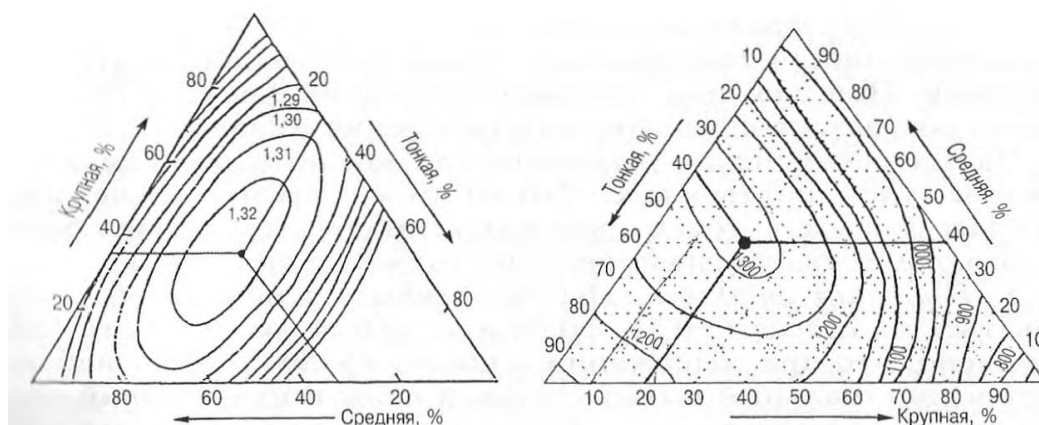


Рис. 1 – Трехфазные диаграммы зависимости вибронасыпной плотности от гранулометрического состава массы

Также тело анода следует рассматривать как электрод, подвергающийся химическому и электрохимическому окислению в процессе электролиза. Следовательно, при обосновании гранулометрического состава нужно учитывать различную реакционную способность (РС) кокса наполнителя и связующего. Разность РС ингредиентов композита определяет селективную скорость окисления компонентов анодной массы [5], а увеличение разности РС приведет к образованию микро- и макротрещин, что в свою очередь, помимо снижения ряда технических параметров эксплуатации электролизеров, может стать причиной разрыва тела анода.

Проведенные исследования в данной области, не предлагают способа полного заполнения как открытых, так и закрытых пор наполнителя, а следовательно получения анода со значением плотности близким к пикнометрической.

Для создания образца высокопрочного низкопористого (ВНП) анода планируется получение и испытание в качестве компонентов композитной массы мелкодисперсных пековых коксов, обладающих схожими с элементами наполнителя значениями реакционной способности к диоксиду углерода. Полученные микрофракции коксов

различного происхождения в рассчитанных пропорциях внедряются в поры наполнителя, посредством вакуумирования с параллельным нагревом до температурного диапазона 285-550 °С. Выбранным значениям температуры соответствуют начало и окончание активной термической деструкции углей, в ходе которой меняется морфология кокса. В результате появления микротрещин в структуре наполнителя появляется доступ в закрытые поры [6], которые в условиях вакуума заполняются частицами мелкодисперсной композиции коксовой мелочи и связующего.

Определение качественных характеристик разработанных образцов модифицированного каменноугольного/нефтяного кокса проводят при помощи рентгенофлуорисцентного анализа (РФА). Также после проведения ряда испытаний на определение: механической прочности, пластических свойств, плотности как модифицированного компонента, так и композита на его основе, электрического сопротивления и содержания серы, получают технические характеристики разработанной анодной массы сравнивают с аналогичными параметрами образцов масс, используемых на действующих алюминиевых заводах, затем применяют необходимые корректировки к процессу модифицирования наполнителя и условиям формирования целевого анода.

Разработка рецептуры подштыревой массы и решение проблемы различных реакционных способностей наполнителя и связующего, произойдет в результате внедрения в пек технического углерода различных марок, обладающих уникальными свойствами (точечная модификация). Добавление в рассчитанных пропорциях существующих углеродных композиций, после проведения необходимых модификаций, с одновременным обоснованием режимов изменения структуры исходных компонентов, позволит комплексно решить поставленные задачи, без снижения качества получаемого металла и изменения существующих технологических режимов эксплуатации алюминиевых электролизеров, в которых применяется технология Содерберга.

По полученным результатам планируется создание математической и физической моделей процесса создания ВПНП анода.

Конечный продукт исследований это не только ВПНП анод, но и математическая модель, позволяющая, исходя из необходимых физико-химических и электрических параметров целевой анодной (подштыревой) массы, еще на стадии выбора вариационного состава, ликвидировать нежелательные процессы в ходе электролитического получения алюминия.

#### Литература

1. Крылов, В.И.//Тр. ЛТИ им. Ленсовета. Вып. XXXIII. 1955.
2. Каждан, Я.С. Технология электродов./ Каждан Я.С.–М.: Metallurgizdat, 1941.
3. Bowitz, O., Bockmann, O., Metallurgy of Aluminium, AIME // Light Metals. 1962. P 53-60.
4. Янко, Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров./ Янко Э.А.–М.: ИД «Руда и металлы», 2001.
5. Гордон, Д. Новая наука о прочных материалах./ Гордон. Д.–М.: Metallurgia, 1990.
6. Воздействие на структуру и свойства углей при экстремальной термообработке/ В.Ю.Бажин [и др.]// Международный научно-исследовательский журнал.-2015.-№ 38.- С. 13-15.

#### References

1. Krylov, V.I.//Tr. LTI im. Lensoвета. Vyp. XXXIII. 1955.
2. Kazhdan, Ja.S. Tehnologija jelektrodiv./ Kazhdan Ja.S.–M.: Metallurgizdat, 1941.
3. Bowitz, O., Bockmann, O., Metallurgy of Aluminium, AIME // Light Metals. 1962. P 53-60.
4. Janko, Je.A. Anody aljuminievyh jelektrolizerov./ Janko Je.A.–M.: ID «Ruda i metally», 2001.
5. Gordon, D. Novaja nauka o prochnyh materialah./ Gordon. D.–M.: Metallurgija, 1990.
6. Vozdejstvie na strukturu i svojstva uglej pri jekstremal'noj termoobrabotke/ V.Ju.Bazhin [i dr.]// Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 38. S. 13-15.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.042

Столбов Л.А.<sup>1</sup>, Корнюшко В.Ф.<sup>2</sup>, Николаева О.М.<sup>3</sup><sup>1</sup>Ассистент, аспирант кафедры ИСХТ МТУ,<sup>2</sup>доктор технических наук, проф., академик МАН ИПТ, зав. каф ИСХТ МТУ<sup>3</sup>аспирант кафедры ИСХТ МТУ**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УЧЕБНО-НАУЧНОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ****Аннотация**

*В настоящее время разработано очень много баз данных и, основанных на них баз знаний, в различных областях знаний. Они могут представлять из себя хранилища, содержащие как статьи по различным тематикам, так и базы, содержащие свойства, характеристики и взаимосвязи в исследуемой области знания. На основе ассоциативного метода и методологии IDEF0 приведена методика построения моделей-прототипов для создания проблемно ориентированных баз знаний. Приведено формализованное иерархическое описание взаимосвязи процессов после получения первичной выборки статей до непосредственного обращения к системе поддержки принятия решения пользователем.*

**Ключевые слова:** ассоциативный метод, проблемно ориентированные базы знаний, информационные модели.

Stolbov L.A.<sup>1</sup>, Kornushko V.F.<sup>2</sup>, Nikolaeva O.M.<sup>3</sup><sup>1</sup>Postgraduate MTU department of informational systems in chemical technology<sup>2</sup>PhD, MTU head of department of informational systems in chemical technology<sup>3</sup>postgraduate MTU department of informational systems in chemical technology**INFORMATION TECHNOLOGY IN A DESIGN OF SEMANTIC PROBLEM-ORIENTED DATABASES.****Abstract**

*Currently various fields of knowledge databases are developed. They can contain articles on various topics and or properties, characteristics and relationships of the investigated field of knowledge. A feature of the construction of such knowledge bases is that a universal knowledge base and algorithms of their processing can be hosted in cloud servers. Construction of models-prototypes for the creation of problem-oriented knowledge bases on the basis of the associative method and the IDEF0 methodology the methodology is considered. A formalized hierarchical description of the relationship between processes after receiving the initial sample of articles to the decision support system appeal by the user is given.*

**Keywords:** associative method, problem-oriented knowledge base, information models.

**Введение**

В последнее десятилетие возрастающий объем научной информации и технологии передачи информации активно изменяют образовательную среду и создают новые правила обработки научных данных, используемых в последующих работах. На данный момент существует огромное количество информации, посвященное различным областям знаний. Основная доля этой информации приходится на публикуемые статьи, хранящиеся в крупных базах данных таких (например, базы данных издательства Elsevier и тд). При возрастающем количестве статей и диверсификации областей применения тех или иных знаний, требуется все большее количество времени для отбора и систематизации требуемой информации. Таким образом, без комплекса автоматических средств обработки и систематизации данных не представляется возможным в полной мере овладеть предметной областью [1, 2].

Задача, такой систематизации данных после их получения и до обработки соответствующей системой поддержки принятия решения, формулируется следующим образом: При наличии ряда объектов, принадлежащих к predetermined набору классов и обладающими predetermined набором величин измерения этих объектов, идентифицировать или задать класс родства каждого из этих объектов с помощью подходящего анализа их величин измерения (признаков)[3].

Важной проблемой при создании информационной поддержки разрабатываемой проблемно ориентированной базы знаний является использование экспертов для обработки информации на отдельных этапах ее построения.

**Ассоциативный метод**

Метод поиска технических решений обосновываются на применении в творческом процессе семантических свойств понятий путем использования аналогий их вторичных смысловых оттенков. Основными источниками для генерирования новых идей служат ассоциации, метафоры и случайно выбраны понятия. На семантическом уровне лингвистическая информация характеризуется попарной сочетаемостью корневых основ.

Запоминание числа прохождений траекторией точек многомерного пространства, с последующим применением порогового преобразования, позволяет выявлять фрагменты траектории заданной частоты появления, которые составляют словари событий входной информации заданной частоты встречаемости  $\{\tilde{B}_i\}$ . Для лингвистической информации это, например, словари флексивных морфем, корневых основ, синтаксических групп. Выявленные таким образом лингвистические единицы в дальнейшем можно использовать для обработки текстовой информации. Словарь флексивных морфем можно использовать для морфологического анализа, словарь корневых основ – для выявления ключевых понятий в тексте и формирования однородной (ассоциативной) семантической сети. Каждому члену последовательности  $n$  соответствует точка  $R^n - \hat{a}(t)$ , с соответствующими координатами, а всей последовательности  $A$ , соответствует последовательность точек  $\hat{A}$ , с траекторией

$$\hat{A} = F(A) \quad (1),$$

Где  $F$  – отображение в многомерное сигнальное пространство.

В общем случае среди  $n$  -членных фрагментов информационной последовательности может встретиться  $n$  -членный фрагмент последовательности:

$$\hat{a}(t) = (a(t - n + 1), a(t - n + 2), \dots, a(t)), \quad (2)$$

И траектория в этом случае обратится к следующей вершине. В этой точке возможно более одного продолжения траектории. Для двоичной последовательности продолжений может быть не более двух.

Ассоциативность преобразования  $F$  позволяет сохранить топологию структуры преобразуемой информации. Действительно, одинаковые фрагменты последовательности преобразуются в одну и ту же траекторию, разные - в разные траектории[4].

При этом ассоциативная связь между двумя соединениями оценивается в зависимости от количества совпадений между соответствующими библиографическими списками. Попарные ассоциативные связи для каждой пары соединений могут быть вычислены по формуле:

$$r = k / (m + n - k) \quad (3)$$

где  $m$  и  $n$  – количество статей в библиографических профилях одного и другого соединения[5].

#### **Информационные модели экспертно-алгоритмической системы сбора и обработки данных**

Для построения ВЭБ-программного комплекса семантического анализа и сжатия информации для построения проблемно-ориентированных баз знаний из универсальных использован метод информационного моделирования. При этом для построения функциональных информационных моделей использована методология IDEF0. Как правило, моделирование средствами IDEF0 является первым этапом изучения любой системы[6].

В общем случае концептуальная модель построения проблемно-ориентированной базы данных из универсальной имеет вид: (Рис. 1):

Следующим этапом информационного моделирования системы является ее иерархическая декомпозиция.



Рис. 1 – Контекстная диаграмма A0 функциональной модели

#### **Формирование исходных данных**

Проблема информационного моделирования рассмотрена на конкретном примере построения проблемно-ориентированной базы данных в области биомедицины и медицинской химии. Необходимым условием для формирования исходных данных является наличие контролируемого словаря. Контролируемый словарь может содержать названия сущностей, относящихся к конкретной предметной области. Для рассматриваемого примера-это наименования различных белков или их субъединиц, генов, химических реакций, заболеваний и др. В случае создания базы данных биомедицины и медицинской химии в контролируемый словарь наиболее целесообразно использовать наименования химических соединений в виде номера CAS и/или названия по ИЮПАК, что возможно при загрузке из системы PubChem вместе с синонимичными вариантами [7]. На этапе формирования входных данных формируется и детализируется поисковый запрос, а также готовятся файлы, необходимые для дальнейшей загрузки.

#### **Обработка входных данных**

Обработка входных данных в случае размещения базы данных на стационарных машинах будет включать в себя следующие основные этапы: обогащение перечня терминов, создание целевой и фоновой выборки, создание и обработка промежуточной базы данных (Рис. 2).



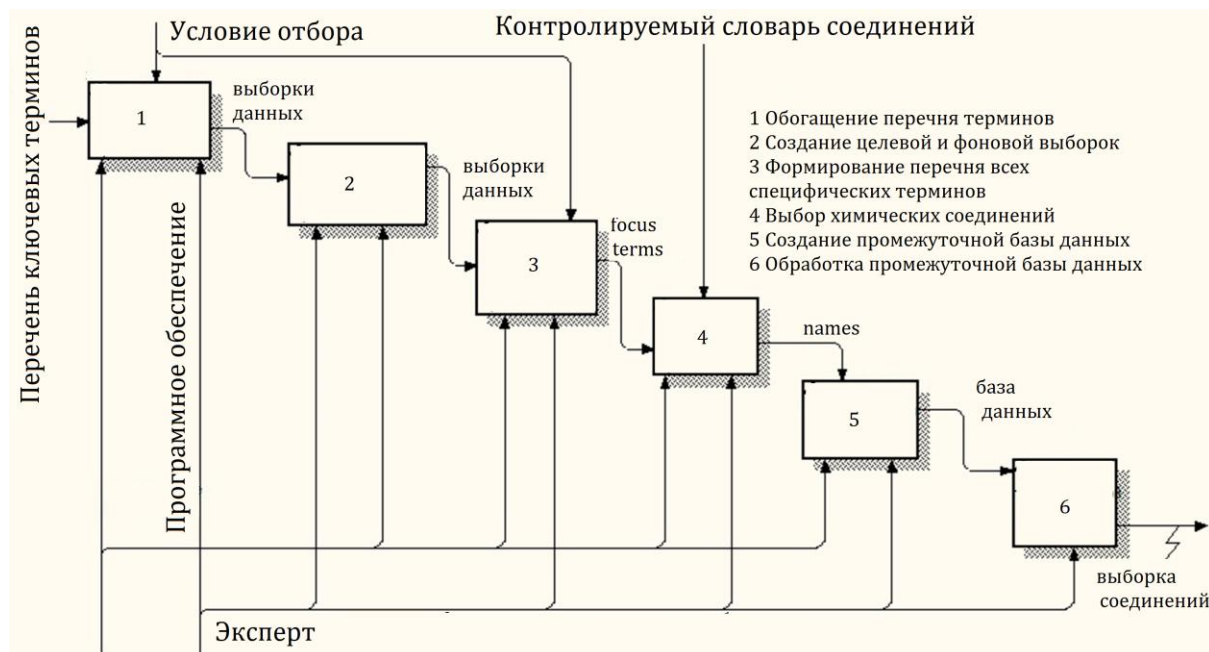


Рис. 2 – Декомпозиция «обработка входных данных»

При размещении базы данных в интернете или создании веб программного комплекса целесообразно на этом этапе подключить модули, характерные для системы поддержки принятия решения. В данном случае речь идет о N2S (name-to-structure) алгоритмы для представления соединений в форме графов и алгоритмы предсказания свойств соединений.

Для информационного наполнения базы данных используются библиографические сведения о свойствах и характеристиках химических соединений. На первой стадии проектирования базы данных используется семантическое моделирование. При этом в терминах семантической модели производится концептуальная схема базы данных, которая затем вручную преобразуется к реляционной (или какой-либо другой) схеме. Этот процесс выполняется под управлением методик, в которых достаточно четко оговорены все этапы такого преобразования. Таким образом при данных условиях, для проблемно ориентированной базы знаний строится следующая диаграмма потоков данных (рис. 3), которая служит информационной основой построения реляционной проблемно-ориентированной базы данных по библиографическим ссылкам в области биомедицины и медицинской химии.

На следующем этапе проводится проверка качества построенной проблемно-ориентированной базы данных путем применения ее для решения задач анализа информации и задач прогнозирования. Для проверки качества полученных результатов могут быть использованы критерии качественной, феноменологической оценки решения или известные статистические методы [8-9].

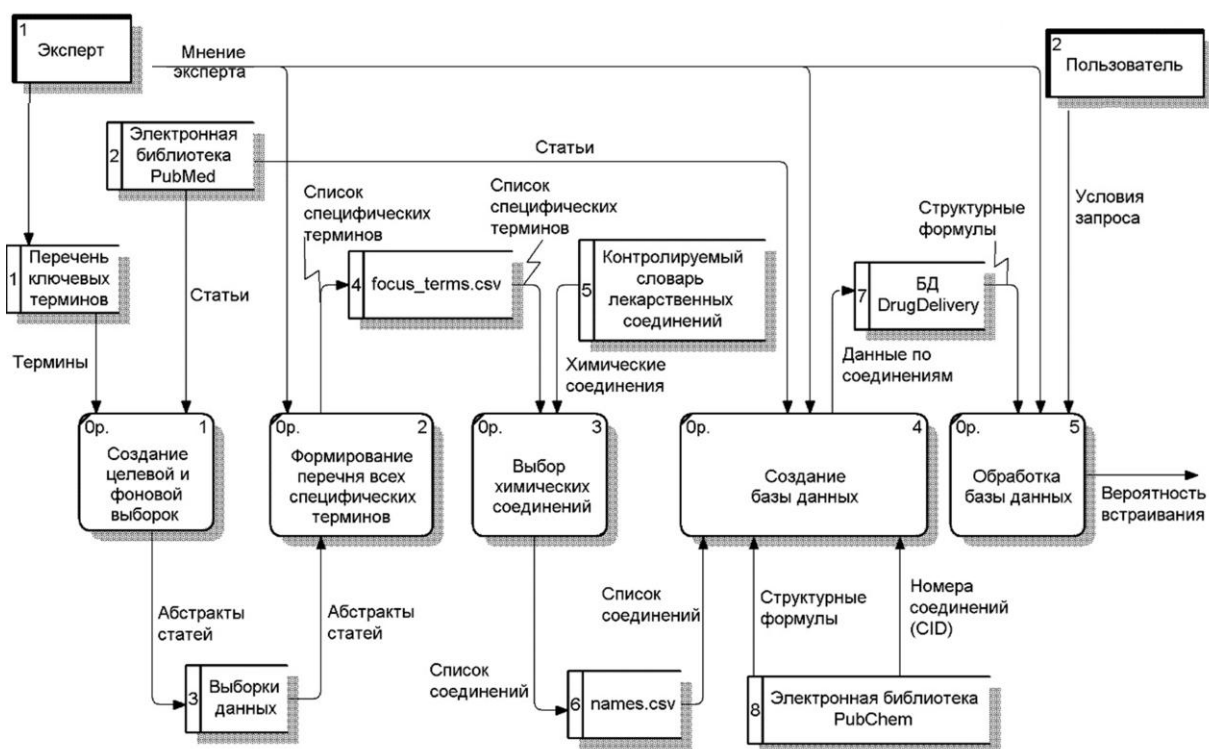


Рис. 3 – Диаграмма потоков данных

**Выводы:**

1. Рассмотрена методика семантического подхода к выборке библиографической информации из универсальных баз знаний. Для рационального использования всего объема данных по требуемой научной тематике целесообразно использовать проблемно – ориентированную базу данных.
2. Показана возможность эффективного применения ВЭБ-программных алгоритмов для анализа и обработки данных.
3. Разработан комплекс информационных моделей, позволяющий на основе применения ассоциативного метода и экспертно-алгоритмической системы сбора и обработки данных проводить реинтеграцию универсальных баз знаний для построения проблемно-ориентированных баз библиографической информации в области медицинской химии и биотехнологии.

**Литература**

1. Угольников О. А., Демич Ю. А., Лисица А. В., Кистанова В. Ю., Корнюшко В.Ф., Арчаков А.И., Швец В.И. Использование ассоциативного анализа для обработки научных публикаций в области систем доставки лекарств. // Вестник МИТХТ, 2010, т. V, № 2, с. 91-96.
2. Mario Aldape-Pérez, Cornelio Yáñez-Márquez, Oscar Camacho-Nieto, Itzamá López-Yáñez, Amadeo-José Argüelles-Cruz Collaborative learning based on associative models: Application to pattern classification in medical datasets//Computers in Human Behavior, 2014
3. Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. Pattern classification (2nd ed.) // New York: Wiley (2001).
4. Харламов А. А. Когнитивный подход к анализу текстов в технологии автоматического смыслового анализа текстов TEXTANALYST
5. Rogers DJ, Tanimoto TT. A Computer Program for Classifying Plants //Science, 1960, 132, 1115-1118.
6. Угольникова О. А. и соавт. Алгоритмический подход к группированию активных соединений с использованием ассоциативного библиометрического анализа // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сборник научных статей. 2009. Выпуск 14. с. 184-190.
7. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite. // М.: “ДИАЛОГ-МИФИ”, 2005. – 432 с.
8. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика - Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management Third Edition. // 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2003. — С. 1436.
9. Pedersen T.B., Jensen C.S., Dyreson C.E. A Foundation for Capturing and Querying Complex Multidimensional Data. // Information Systems. 2001. v. 26, № 5, p.45-55.

**References**

1. Ugol'nikova O. A., Demich Ju. A., Lisica A. V., Kistanova V. Ju., Kornjushko V.F., Archakov A.I., Shvec V.I. Ispol'zovanie associativnogo analiza dlja obrabotki nauchnyh publikacij v oblasti sistem dostavki lekarstv. // Vestnik MITHT, 2010, t.V, № 2, s. 91-96.
2. Mario Aldape-Pérez, Cornelio Yáñez-Márquez, Oscar Camacho-Nieto, Itzamá López-Yáñez, Amadeo-José Argüelles-Cruz Collaborative learning based on associative models: Application to pattern classification in medical datasets//Computers in Human Behavior, 2014
3. Duda, R. O., Hart, P. E., & Stork, D. G. Pattern classification (2nd ed.) // New York: Wiley (2001).
4. Harlamov A. A. Kognitivnyj podhod k analizu tekstov v tehnologii avtomaticheskogo smyslovogo analiza tekstov TEXTANALYST
5. Rogers DJ, Tanimoto TT. A Computer Program for Classifying Plants //Science, 1960, 132, 1115-1118.
6. Ugol'nikova O. A. i soavt. Algoritmicheskij podhod k gruppirovaniyu aktivnyh soedinenij s ispol'zovaniem associativnogo bibliometricheskogo analiza // Algoritmy, metody i sistemy obrabotki dannyh: sbornik nauchnyh statej. 2009. Vypusk 14. s. 184-190.
7. Maklakov S.V. Sozdanie informacionnyh sistem s AllFusion Modeling Suite. // М.: “DIALOG-MIFI”, 2005. – 432 s.
8. Konnolli T., Begg K. Bazy dannyh. Proektirovanie, realizacija i soprovozhdenie. Teorija i praktika - Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management Third Edition. // 3-e izd. — М.: «Vil'jams», 2003. — S. 1436.
9. Pedersen T.B., Jensen C.S., Dyreson C.E. A Foundation for Capturing and Querying Complex Multidimensional Data. // Information Systems. 2001. v. 26, № 5, p.45-55.



DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.006

Тишкин А.С.<sup>1</sup>, Бажин В.Ю.<sup>2</sup><sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>доктор технических наук, профессор,  
Санкт-Петербургский горный университет**РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ ЗА ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО  
ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ****Аннотация**

В данной работе рассмотрен способ измерения концентрации глинозема в криолит-глиноземном расплаве электролита при электролитическом получении алюминия. Проведено исследование по измерению зависимости постоянной составляющей напряжения в зависимости от концентрации глинозема в расплаве на лабораторной установке. Приведено описание лабораторной установки для исследования искомой зависимости и представлены полученные экспериментальные результаты для определения зависимости постоянной составляющей напряжения от концентрации глинозема.

**Ключевые слова:** электролиз, постоянная составляющая напряжения, алюминий.

Tishkin A.S.<sup>1</sup>, Bazhin V.Yu.<sup>2</sup><sup>1</sup>Postgraduate, <sup>2</sup>PhD in Engineering, professor,  
Saint-Petersburg mining university**DEVELOPING A NEW WAY TO CONTROL OF THE PROCESS ALUMINUM REDUCTION PROCESS****Abstract**

In this given paper the method of measuring the concentration of alumina in cryolite-alumina melt of the electrolyte alumina reduction process has been considered. Research of based on the measurement of DC voltage as a function of concentration of alumina on laboratory setup has been held. The description of laboratory installation for research of the required dependencies has been given. The experimental results of dependence of DC voltage as a function of the alumina concentration have been given.

**Keywords:** reduction process, dc voltage, aluminum.

В настоящее время практически весь алюминий получают электролизом криолит-глинозёмного расплава по способу Эру-Холла. Техничко-экономические показатели (ТЭП) производства алюминия в значительной степени зависят от технологических параметров работы электролизёра: рабочего напряжения, уровня металла, состава электролита, температуры расплава и величины межполюсного расстояния (МПР). В промышленных условиях под воздействием различных факторов состояние электролизера может быть не стабильным, что приводит к технологическим отклонениям. Эти нарушения повышают расход электроэнергии, снижают производительность и увеличивают долю затрат ручного труда.

Предлагаемый способ контроля содержания глинозема в МПР позволяет добиться высоких технико-экономических показателей работы электролизёров: выхода по току, снижения удельного расхода электроэнергии и основных материалов.

Аппараты, в которых электрическая энергия поступает в рабочее пространство с помощью электродов, по характеру преобразования её в энергию целевых продуктов можно разделить на два типа: электропечи и электролизёры.

В электропечах электрическая энергия в основном преобразуется в тепловую по закону Джоуля-Ленца, и уже затем в результате химических реакций по законам химической кинетики образуются целевые продукты.

В электропечах в контактах электродов с материалами, находящимися в ванне печи в том числе при горении электрической дуги в прикатодной и прианодной областях последней, также имеют место электрохимические явления, но их роль в тепловом и материальном балансе невелика. Так, в фосфорных печах доля мощности, затрачиваемой на электрохимические процессы, не превышает 1-2% ото всей мощности, потребляемой печной установкой [1].

Образование продуктов электролиза происходит в результате электрохимических реакций, когда электрическая энергия по законам Фарадея переходит непосредственно в химическую на границе электродов с расплавом. В электролизерах, несмотря на то, что целевые продукты образуются в результате электрохимических реакций, мощность, затрачиваемая на их протекание, может быть меньше доли тепла, выделяемого в процессе электролиза. Тепло выделяется в основном в слое электролита между электродами, а также в анодах и катодах, в контактных соединениях с шинопроводами. Наличие электрохимических процессов на границе электродов с расплавом в ванне руднотермической печи сопровождается появлением в фазном напряжении постоянной составляющей, если электроды выполнены из разнородных материалов или различаются температуры в контактах [2]. В руднотермических печах в фазной цепи ток проходит между углеродистым электродом и расплавом, находящимся на подине печи, или угольной подиной. В первом случае постоянная составляющая обусловлена разной природой электродов, между которыми проходит ток, во втором случае – температурой в контактах электродов с расплавом: на поверхности углеродистого электрода она выше, чем на подине.

В линейном напряжении между токоподводящими электродами постоянная составляющая отсутствует, так как электроды выполнены из одного и того же материала и температуры на их рабочих поверхностях, т.е. в контактах с расплавом, одинаковы. Зависимость величины постоянной составляющей от состава расплава, и наличия шунтирующего этот контакт дугового разряда (электрической дуги или микродуговых разрядов) позволяет контролировать как состав и температуру расплава, так и ряд других технологических параметров: глубину ванны, положение рабочего конца электрода относительно уровня расплава, степень развития электродугового процесса [3].

В электролизерах, работающих на постоянном токе, нет постоянной составляющей напряжения (здесь речь не идет о флуктуациях напряжения в МПР, обусловленных перемещениями анода и изменением уровня расплава алюминия).

Общее падение напряжения на электролизёре может быть представлено в виде сумм отдельных составляющих

$$U = E_a + E_k + U_{ПА} + U_{ПК} + U_{Эл} + U_A + U_K + U_{конт}, \quad (1)$$

где  $E_a$  и  $E_k$  – равновесные потенциала анода и катода;  $U_{па}$  и  $U_{пк}$  – перенапряжение на аноде и катоде;  $U_{эл}$  – потери напряжения в электролите;  $U_a$  и  $U_k$  – потери напряжения в аноде и катоде;  $U_{конт}$  – падение напряжения ошиновки и в контактах токоподводящей линии с анодом и катодом.

В уравнении (1) значения электродных потенциалов величины постоянные, зависящие от температуры и состава расплава в соответствии с уравнением Нернста

$$E = \frac{RT}{nF} \ln K, \quad (2)$$

где  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – температура на поверхности контакта электрода с расплавом,  $n$  – заряд ионов переносчиков тока,  $F$  – число Фарадея,  $K$  – константа равновесия целевой электрохимической реакции.

При отсутствии других составляющих, кроме анодных потенциалов, падения напряжения на электролизёре, уравнение Нернста позволит контролировать состав и температуру электролита. Но наличие других составляющих, и, прежде всего падения напряжения на электролите, затрудняют использование уравнения Нернста для оценки состава электролита. Это связано с тем, что в процессе электролиза меняется расстояние между анодом и поверхностью алюминия как вследствие изменения его уровня, так и из-за расхода анода. Кроме того, электропроводность электролита может варьироваться вследствие образующихся в процессе электролиза газов и постоянном изменении состава электролита, в результате испарения с поверхности и физико-химических процессов.

Если в расплав электролизера ввести дополнительный контрольный электрод и подать переменное напряжение на участок измерения, то через специальный фильтр в этом напряжении будет выделяется постоянная составляющая напряжения, величину которой можно будет определить только материалом этого дополнительного электрода и составом электролита.

Рассмотрим падение напряжения на участке «измерительный электрод – катод» в соседних полупериодах –  $U_1$  и  $U_2$ , в соответствии с уравнением (1):

$$U = E_{a1} + E_{k1} + U_{ПА1} + U_{ПК1} + U_{Эл1} + U_{A1} + U_{K1} + U_{конт1}, \quad (3)$$

$$U = E_{a2} + E_{k2} + U_{ПА2} + U_{ПК2} + U_{Эл2} + U_{A2} + U_{K2} + U_{конт2}, \quad (4)$$

В данном случае катодом и анодом поочерёдно являются дополнительный электрод и алюминий на подине электролизёра. Индексы 1 и 2 при слагаемых в этих уравнениях соответствуют их значениям в соседних полупериодах.

$$U_{Эл1} = U_{Эл2}, U_{a1} = U_{a2}, U_{конт1} = U_{конт2}, \quad (5)$$

Значения перенапряжения, т.е. величины  $U_{па}$  и  $U_{пк}$ , на переменном токе практически равны нулю. Переменный ток способствует эффективному удалению пузырьков образующегося газа с поверхности измерительного электрода за счет их коагулирования в период изменения потенциала. Разность напряжений переменного тока между дополнительным электродом и расплавом алюминия в соседних полупериодах и есть постоянная составляющая  $U_{пс}$ , равная

$$U_{пс} = E = (E_{a1} + E_{k1}) - (E_{a2} + E_{k2}), \quad (6)$$

Таким образом, величина постоянной составляющей зависит только от состава электролита и его температуры, т.е.

$$U_{пс} = f(T, C), \quad (7)$$

где  $C$  – концентрация основного компонента электролита – глинозёма

Так как температура электролита меняется в достаточно узких пределах (945-965 °С) и контролируется при помощи переносных хромель-алюмелевых термопар, можно использовать зависимость постоянной составляющей от содержания глинозема в электролите и оперативно управлять работой электролизера.

Для определения концентрации глинозема в криолит-глиноземном расплаве в лабораторных условиях была собрана ячейка и подключена к измеряющим прибором по схем на рисунке 1.

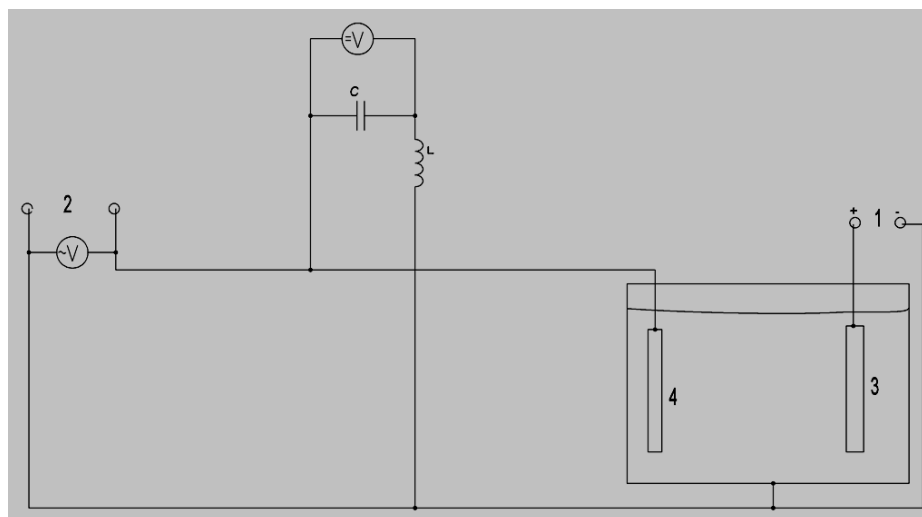


Рис. 1 – Электрическая схема установки измерения постоянной составляющей напряжения: 1 - источник постоянного напряжения 4,5 В; 2 - источник переменного напряжения 12-24 В; 3 - анод; 4 - измерительный электрод

С помощью специального электрода, выполненного из электропроводного и устойчивого в агрессивной среде криолит-глиноземного расплава, на участок «электрод-катод» подается напряжение переменного тока величиной 12-24 В от разделительного трансформатора. Назначение разделительного трансформатора и сопротивления – недопущение попадания в измерительную цепь рабочего напряжения постоянного тока. Установленный на первичной стороне разделительного трансформатора электрический фильтр выделяет постоянную составляющую, величина которой зависит от состава электролита, глинозёма. Результаты измерений представлены на рис. 2.

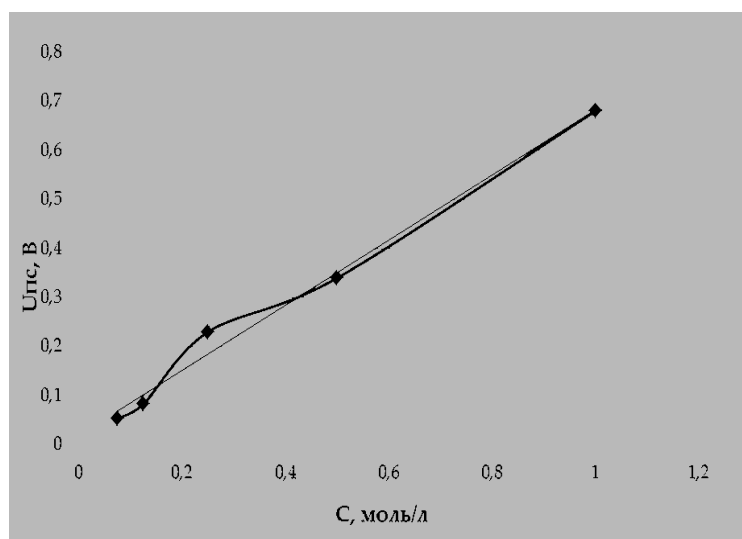


Рис. 2 – Зависимость постоянной составляющей напряжения от концентрации глинозема в расплаве

Результаты исследований позволяют эффективно использовать данную зависимость для контроля за технологическим процессом электролиза алюминия и в перспективе для разработки систем автоматического управления нового поколения. Такой подход является предпосылкой для разработки мобильного измерительного прибора – датчика измерения концентрации глинозема в электролите алюминиевого электролизера.

#### Литература

1. Баймаков Ю.В., Ветюков М.М. Электролиз расплавленных солей. Изд-во «Металлургия», М. 1966. 560 с.
2. Лавров Б.А., Козлов К.Б., Удалов Ю.П. Физико-химические процессы в углеродной зоне фосфорной печи // Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов электротермических производств. Докл. Научн.-техн. совещания «Дуга-2002». СПб, 2002. 221 с.
3. Педро А.А. Постоянная составляющая в напряжении электрической дуги переменного тока. «Электротехника», 1993. №3. с. 35.

#### References

1. Baimakov Y.V., Vetyukov M.M., The electrolysis of molten salts. Publishing house "Metallurgiya," Moscow, 1966. 560 p.
2. Lavrov B.A., Kozlov K.B., Udalov Y.P., Physico-chemical processes in the carbon phosphorus zone furnace. // Computer simulation and optimization of technological processes of electrothermal industries. Dokl. Nauchn.-Tech. meeting of the "Arc 2002". St. Petersburg, 2002. 221 p.
3. Pedro A.A., The constant component of the electric arc voltage alternating current. "Electrical Engineering", 1993. Number 3. a. 35.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.014

Черкашина Н.И.

ORCID: 0000-0003-0161-3266, Кандидат технических наук,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки в сфере научной деятельности № 11.2034.2014***ВОЗДЕЙСТВИЕ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТА НА ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ  
ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ****Аннотация**

*В статье рассмотрена кинетика потери массы (газовыделения) терморегулирующих покрытий на основе полимерных композитов при воздействии вакуумного ультрафиолета (ВУФ). Облучение ВУФ проводилось в лаборатории «Космических исследований» при БГТУ им. В.Г. Шухова на специальном оборудовании, собранном в ООО «Вакуумные системы и электроника» (г. Новосибирск, Россия).*

**Ключевые слова:** полимеры, кинетика, газовыделение.

Cherkashina N.I.

ORCID: 0000-0003-0161-3266, PhD in Engineering,

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**IMPACT VACUUM ULTRAVIOLET FOR POLYMER COMPOSITES THERMOSTATIC APPOINTMENTS****Abstract**

*The article describes the kinetics of weight loss (gassing) thermostatic coatings based on polymer composites under the influence of vacuum ultraviolet (VUV). EUV irradiation was performed in the laboratory of "Space Science" at BSTU named after V.G. Shoukhov on special equipment, assembled in LLC "Vacuum Systems and Electronics" (Novosibirsk, Russia).*

**Keywords:** polymers, kinetics, gassing.

В настоящее время огромное внимание уделяется исследованиям по разработке радиационно-защитных и радиационно-стойких материалов [1-13], особенно для космических целей [14-16]. Известно, что в космосе на материалы космических летательных объектов действует ряд негативных факторов, значительно ухудшающих свойства используемых материалов [17-18]. Наибольшее негативное влияние на полимеры в космосе оказывает вакуумный ультрафиолет (ВУФ), в частности на терморегулирующие покрытия, изменяя шероховатость поверхностей и как следствие их оптические характеристики (степень поглощения солнечного излучения и интегральный коэффициент отражения), причем органические вещества менее устойчивы к такому воздействию нежели неорганические [19-22]. Глубина проникновения ВУФ будет определяться особенностями его поглощения в зависимости от структуры используемого полимера [23-39].

Значительное количество исследований было посвящено изучению влияния ионизирующего излучения (ВУФ), мощности, времени экспозиции и длины волны источника на изменение морфологии и свойств поверхности полимерных материалов [30]. Показано, что в зависимости от условий воздействия на поверхности полимеров может сформироваться рельеф в виде ряби, неровностей гранулярного типа либо периодических структур [30].

Большинство исследований облучения ВУФ проводилось для случаев, когда образцы подвергались воздействию потоков излучения от экспериментальных источников в воздушных условиях, т.е. в присутствии кислорода. В таких условиях происходит расщепление молекулы  $O_2$  на молекулы атомарного кислорода и дальнейшая бомбардировка поверхности происходит атомарным кислородом. Известно, что при воздействии атомов  $O$  происходит эрозия поверхности материала и процесс отбеливания, сопровождающийся радиационно-стимулированной диффузией кислорода внутрь материала и приводящий к частичному восстановлению оптических свойств, деградирующих под действием ВУФ. В подобных работах нельзя оценить влияние исключительно ВУФ на свойства поверхностного слоя материала. В меньшей степени изучено влияние на полимеры потоков излучения в вакууме. Так же отметим, что практически отсутствуют работы по исследованию влияния ВУФ с длиной волны менее 150 нм на полимерные композиты.

В данной работе изучалось воздействие вакуумного ультрафиолета на полимерные композиты терморегулирующего назначения. В качестве матрицы для синтеза полимерных композитов в работе использовали полиалканамид, а в качестве наполнителя модифицированный алюмосилсесквиоксидом вольфрамат свинца.

Облучение ВУФ проводилось в лаборатории «Космических исследований» при БГТУ им. В.Г. Шухова на специальном оборудовании, собранном в ООО «Вакуумные системы и электроника» (г. Новосибирск, Россия).

Исследования к воздействию ВУФ на синтезированные композиты оценивали согласно ГОСТ Р 25645.338–96, в котором прописана методика и способы определения стойкости к данному виду облучения.

Исследуемые полиалканамидные композиты, с разным содержанием модифицированного алюмосилсесквиоксидом вольфрамата свинца, помещались в экспериментальную установку по облучению ВУФ, затем в течение шестидесяти минут происходило обезгаживание материала под воздействием вакуума, т.е. низкого давления  $5 \cdot 10^{-6}$  Па. Эксперимент по обработке ионизирующим излучением проводили в течении одних суток. Измерялись такие показатели как потеря массы после облучения по сравнению с исходной массой образца. Измерения массы каждого образца в процессе облучения производили через каждые 180 минут обработки. Вначале проводили эксперимент при комнатной температуре 20-22 °С, а затем при повышенной ориентировочно 115-130 °С. Кинетика потери массы чистого полиалканамида при комнатной (20-22 °С) и повышенной (115-130 °С) представлена на рисунке 1.

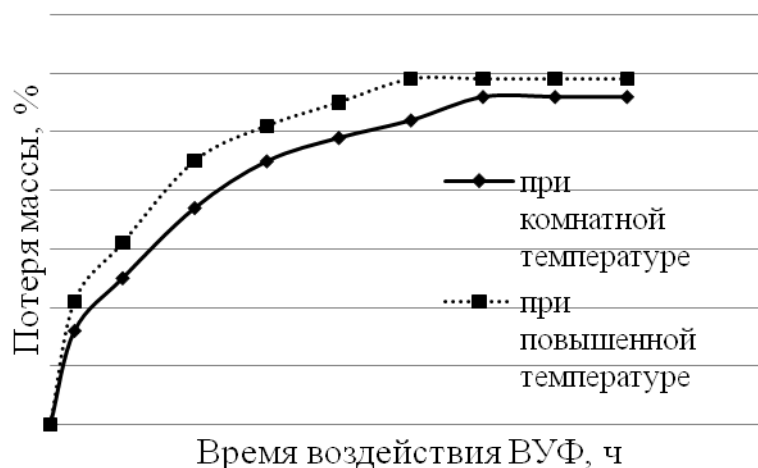


Рис. 1 – Зависимость потери массы чистого полиалканимида от времени воздействия вакуумного ультрафиолета

По данным рисунка 1 установлено, что зависимость потери массы (газовыделение) чистого полиалканимида в процессе облучения приобретает пологий характер, а кривые потери массы с возрастанием времени выдержки начинают замедляться. При значениях комнатной температуры 20-22 °С к 21 часу прекращается газовыделение полиалканимида и его максимальное значение равно 0,56 % от первоначального. В результате воздействия при более высокой температуре 115-130 °С, заметно что газовыделение увеличивается, по сравнению с газовыделением после облучения при комнатной температуре. При повышенной температуре 115-130 °С к 18 часам прекращается газовыделение полиалканимида и его максимальное значение равно 0,59 % от первоначального. Таким образом, при повышении температуры облучения газовыделение увеличивается не более чем на 5,3 %. Это говорит о термостабильности свойств полимера при данной температуре.

На рисунке 2 представлена зависимость потери массы (газовыделение) композита с 30 % содержанием модифицированного алюмосилесквioxаном вольфрамата свинца после обработки ВУФ.

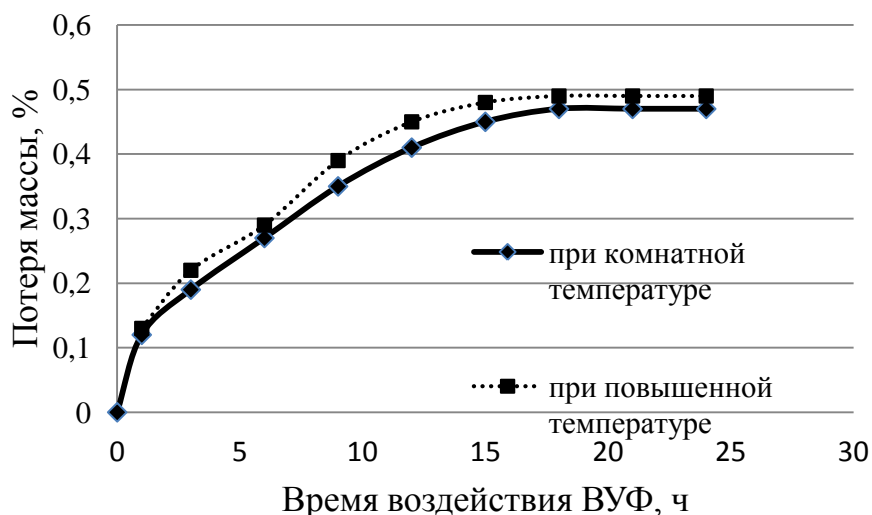


Рис. 2 – Зависимость потери массы рассматриваемого композита с 30 % содержанием модифицированного алюмосилесквioxаном вольфрамата свинца от времени нахождения в камере

Анализ рисунка 2 показал, что кинетика газовыделения композита с 30 % содержанием модифицированного алюмосилесквioxаном вольфрамата свинца в процессе облучения приобретает пологий характер, а кривые газовыделения при увеличении времени выдержки начинают замедляться. При комнатной температуре 20-22 °С к 21 часу прекращается газовыделение исследуемого композита и его максимальное значение равно 0,47 % от первоначального. При облучении при более высокой температуре 115-130 °С, заметно что газовыделение увеличивается, по сравнению с газовыделением при комнатной температуре. При повышенной температуре к 21 часу полностью прекращается газовыделение исследуемого композита и его максимальное значение равно 0,49 % от первоначального. Таким образом, при повышении температуры облучения газовыделение увеличивается не более чем на 4,2 %. Анализ рисунков 1 и 2 показал, что введение модифицированного алюмосилесквioxаном вольфрамата свинца значительно снижает газовыделение при воздействии ВУФ, приблизительно на 20 %.

На рисунке 3 представлена зависимость потери массы (газовыделение) композита с 65% содержанием модифицированного алюмосилесквioxаном вольфрамата свинца после обработки ВУФ.

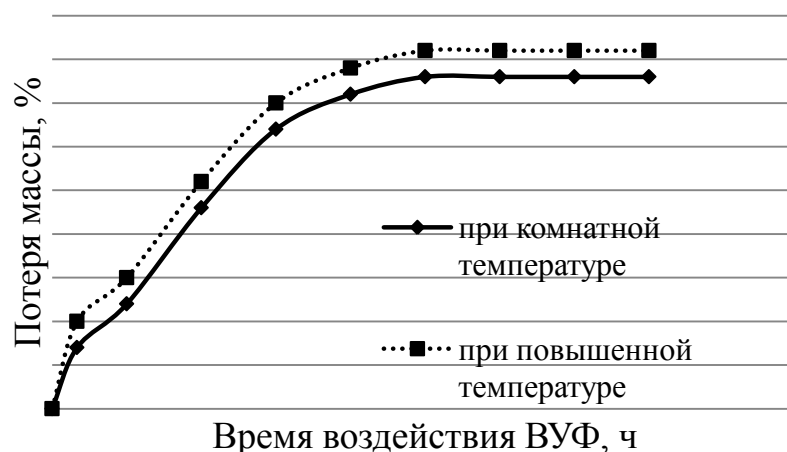


Рис. 3 – Зависимость потери массы рассматриваемого композита с 65 % содержанием модифицированного алюмосилсесквиоксана вольфрамата свинца от времени нахождения в камере

Анализ рисунка 3 показал, что кинетика газовой выделения композита с 65 % содержанием модифицированного алюмосилсесквиоксана вольфрамата свинца в процессе облучения приобретает пологий характер, а кривые газовой выделения при увеличении времени выдержки начинают замедляться. При комнатной температуре 20-22 °С к 18 часам прекращается газовойделение в композите и его максимальное значение равно 0,38 % от первоначального. При облучении при более высокой температуре 115-130 °С, заметно что газовойделение увеличивается, по сравнению с газовойделением при облучении при обычной температуре. При повышенной температуре 115-130 °С к 18 часам прекращается газовойделение в композите и его максимальное значение равно 0,41 % от первоначального. Таким образом, при повышении температуры облучения потеря массы (газовыделение) увеличивается не более чем на 7,8 %. Анализ рисунков 1–3 показал, что введение модифицированного алюмосилсесквиоксана вольфрамата свинца значительно снижает газовойделение при воздействии ВУФ. По сравнению с чистым полиалканимидом, композит с 65 % содержанием теряет на 40 % меньше массы при воздействии вакуумного ультрафиолета.

Согласно 25645.338–96 для элементов космических аппаратов, находящихся на внешней стороне летательного аппарата потеря массы при обработке вакуумным ультрафиолетом не должна превышать 1 % при общем времени выдержки 24 часа. Анализ проведенных данных показал, что общая потеря массы для всех представленных составов композитов не превысила допустимого порога, в частности при температуре 115-130 °С максимальная потеря массы – 0,44 мас. %.

#### Литература

1. Павленко В. И. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н. // Перспективные материалы. – 2006. – № 3. – С. 22.
2. Использование высокодисперсного оксида алюминия для синтеза радиационно-стойких полимерных композитов / Р.Н. Ястребинский, Ю.М. Самойлова, В.И. Павленко, О.В. Демченко // Успехи современного естествознания. 2015. – № 9-3. С. 532–535.
3. Ястребинский Р.Н. Использование нанотрубчатых структур для синтеза радиационно-защитных экранов / Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, О.В. Демченко // Успехи современного естествознания. 2015. – № 10. – С. 52–55.
4. Павленко В.И. Полимерные радиационно-защитные композиты: Монография / Павленко В.И., Ястребинский Р.Н.–Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009.– 199 с.
5. Использование тяжелых металлов при разработке материалов для защиты от корпускулярного излучения / Турова А.А., Павленко В.И., Ястребинский Р.Н. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. – № 12-7. С. – 1183–1186.
6. Павленко В.И. Захоронение радиоактивных отходов с использованием железорудного минерального сырья / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, З.В. Павленко // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-3. С. 511-514.
7. Ястребинская А.В. Коррозионностойкие полимеркомпозиты на основе эпоксидных и полиэфирных олигомеров для строительства / А.В. Ястребинская, В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский // Перспективы развития строительного комплекса. – 2012. – Т. 1. – С. 243-247.
8. Радиационно-защитные транспортные контейнеры отработавшего ядерного топлива на основе высоконаполненной полимерной матрицы и железорудного сырья КМА / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, П.В. Матюхин и др. // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого РФФИ и Правительством Белгородской области. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 320-330.
9. Ястребинская А.В. Разработка и применение композиционного материала на основе эпоксидиановой смолы для строительных конструкций и теплоэнергетики / А.В. Ястребинская, Л.Ю. Огрель // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2.– С. 173.
10. Радиационно-защитный бетон для биологической защиты ядерных реакторов / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, А.А. Смоликов и др.//Перспективные материалы. – 2006. – № 2. – С. 47-50.

11. Павленко В.И. Тяжелый бетон для защиты от ионизирующих излучений / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, Д.В. Воронов // Строительные материалы. – 2007. – № 8. – С. 48-49.
12. Павленко В. И. Исследование тяжелого радиационно-защитного бетона после активации быстрыми нейтронами и гамма-излучением / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, Д.В. Воронов // Инженерно-физический журнал. – 2008. – Т. 81. – № 4. – С. 661-665.
13. Радиационно-защитный бетон для АЭС с РБМК на основе железо-серпентинитовых композиций с цементным связующим / В.И. Павленко, А.А. Смоликов, Р.Н. Ястребинский и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2004. – № 8. – С. 66.
14. Механическая активация полимерных диэлектрических композиционных материалов в непрерывном режиме / А.В. Ястребинская, В.И. Павленко, П.В. Матюхин, Д.В. Воронов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2009. – № 3. – С. 74-77.
15. Композиционный материал для защиты от гамма-излучения/ Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, П.В. Матюхин, Н.А. Четвериков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 17-20.
16. Павленко В.И. Конструкционные композиционные материалы для радиационной защиты / Павленко В. И., Епифановский И. С., Ястребинский Р. Н., Куприева О. В. // Перспективные материалы. – 2010. – № 6. – С. 22-28.
17. Павленко В. И. Высокодисперсные органосвинцеилоксановые наполнители полимерных матриц / Павленко В. И., Ястребинская А. В., Павленко З. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2010. – № 2. – С. 99-103.
18. Павленко В.И. Полимерные диэлектрические композиты с эффектом активной защиты / Павленко В. И., Ястребинский Р. Н., Ястребинская А. В. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2009. – № 3. – С. 62-66.
19. Павленко В.И. Расчеты процессов прохождения гамма-квантов через полимерный радиационно-защитный композит / Павленко В. И., Липканский В. М., Ястребинский Р.Н. // Инженерно-физический журнал. – 2004. – Т.77, №1. – С.12-15.
20. Yastrebinskii R.N. Transport packing set for radioactive waste based on a radiation-protective polymeric matrix / R.N. Yastrebinskii, V.I. Pavlenko, G.G. Bondarenko // Inorganic Materials: Applied Research. 2015. Т. 6. № 5. С. 473-478.
21. Павленко В.И. Радиационно-защитный тяжелый бетон на основе железорудного минерального сырья / Павленко В. И., Воронов Д. В., Ястребинский Р. Н. // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2007. – № 4. – С. 40-42.
22. Pavlenko V.I. Modeling of processes of interaction of high-energy radiations with radiation-protective oxide of iron composites / V.I. Pavlenko, R. N. Yastrebinskij, S. V. Degtyarev // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2005. – Т. 10, № 1-2. – С. 46-51.
23. Структурообразование металлоолигомерных водных дисперсий/ Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, А.В. Ястребинская, П.В. Матюхин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – № 2. – С. 121-123.
24. Ястребинская А. В. Модифицированный конструкционный стеклопластик на основе эпоксидных олигомеров для строительных изделий: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород. Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 19 с.
25. Моделирование прохождения высокоэнергетических электронов в высоконаполненном полимерном композите / И.В. Соколенко, Р.Н. Ястребинский, А.А. Крайний и др. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – №6. – С.145-148.
26. Ястребинский Р.Н. Транспортный упаковочный комплект для радиоактивных отходов на основе радиационно-защитной полимерной матрицы / Р.Н. Ястребинский, Г.Г. Бондаренко, В.И. Павленко // Перспективные материалы. – 2015. – № 6. – С. 25-31.
27. Thermoplastic constructional composite material for radiation protection / V.I. Pavlenko, R.N. Yastrebinskii, O.V. Kuprieva, I.S. Epifanovskii // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – Т. 2, № 2. – С. 136-141.
28. Pavlenko V.I. Simulation of the processes of gamma-radiation transport through shielding containers for radioactive waste / V.I. Pavlenko, R.N. Yastrebinskii, V.M. Lipkanski // Russian Physics Journal. – 2003. – Т. 46, №10. – С.1062-1065.
29. Конструкционные радиационно-защитные композиционные материалы на основе модифицированных железорудных пород КМА / Р.Н. Ястребинский, В. И. Павленко, П.В. Матюхин и др. // В сборнике: Региональная научно-техническая конференция по итогам конкурса ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимого РФФИ и Правительством Белгородской области. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. –С. 491-499.
30. Гасанов С.К. Использование вакуумного ультрафиолета для уменьшения шероховатости поверхности полимерных композитов / С.К. Гасанов, Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко // Успехи современного естествознания. 2015. – № 10. – С. 11-14.

#### References

1. Pavlenko V. I. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N. // Perspektivnye materialy. – 2006. – № 3. – С. 22.
2. Ispol'zovanie vysokodispersnogo oksida aljuminija dlja sinteza radiacionno-stojkih polimernyh kompozitov / R.N. Jastrebinskij, Ju.M. Samojlova, V.I. Pavlenko, O.V. Demchenko // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. – № 9-3. С. 532–535.
3. Jastrebinskij R.N. Ispol'zovanie nanotrubchatyh struktur dlja sinteza radiacionno-zashhitnyh jekranov / R.N. Jastrebinskij, V.I. Pavlenko, O.V. Demchenko // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. – № 10. – С. 52–55.

4. Pavlenko V.I. Polimernye radiacionno-zashhitnye kompozity: Monografija / Pavlenko V.I., Jastrebinskij R.N. – Belgorod, BGTU im. V.G. Shuhova, 2009. – 199 s.
5. Ispol'zovanie tjazhelyh metallov pri razrabotke materialov dlja zashhity ot korpuskuljarnogo izluchenija / Turova A.A., Pavlenko V.I., Jastrebinskij R.N. // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2015. – № 12-7. S. – 1183–1186.
6. Pavlenko V.I. Zahoronenie radioaktivnyh othodov s ispol'zovaniem zhelezorudnogo mineral'nogo syr'ja / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij, Z.V. Pavlenko // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. № 9-3. S. 511-514.
7. Jastrebinskaja A.V. Korroziionnostojkie polimerkompozity na osnove jepoksidnyh i polijefirnyh oligomerov dlja stroitel'stva / A.V. Jastrebinskaja, V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij // Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa. – 2012. – T. 1. – S. 243-247.
8. Radiacionno-zashhitnye transportnye kontejnery otrabotavshego jadernogo topliva na osnove vysokonapolnennoj polimernoj matricy i zhelezorudnogo syr'ja KMA / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij, P.V. Matjuhin i dr. // V sbornike: Regional'naja nauchno-tehnicheskaja konferencija po itogam konkursa orientirovannyh fundamental'nyh issledovanij po mezhdisciplinarnym temam, provodimogo RFFI i Pravitel'stvom Belgorodskoj oblasti. – Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, 2015. – S. 320-330.
9. Jastrebinskaja A.V. Razrabotka i primenenie kompozicionnogo materiala na osnove jepoksidanovoj smoly dlja stroitel'nyh konstrukcij i teplojenergetiki / A.V. Jastrebinskaja, L.Ju. Ogrel' // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2004. – № 2. – S. 173.
10. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja biologicheskoy zashhity jadernyh reaktorov / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij, A.A. Smolikov i dr. // Perspektivnye materialy. – 2006. – № 2. – S. 47-50.
11. Pavlenko V.I. Tjazhelyj beton dlja zashhity ot ionizirujushhih izluchenij / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij, D.V. Voronov // Stroitel'nye materialy. – 2007. – № 8. – S. 48-49.
12. Pavlenko V. I. Issledovanie tjazhelogo radiacionno-zashhitnogo betona posle aktivacii bystryimi nejtronami i gamma-izlucheniem / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskij, D.V. Voronov // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 2008. – T. 81. – № 4. – S. 661-665.
13. Radiacionno-zashhitnyj beton dlja AJeS c RBMK na osnove zhelezo-serpentinitovyh kompozicij s cementnym svjazujushhim / V.I. Pavlenko, A.A. Smolikov, R.N. Jastrebinskij i dr. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2004. – № 8. – S. 66.
14. Mehanicheskaja aktivacija polimernyh dijelektricheskikh kompozicionnyh materialov v nepreryvnom rezhime / A.V. Jastrebinskaja, V.I. Pavlenko, P.V. Matjuhin, D.V. Voronov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2009. – № 3. – S. 74-77.
15. Kompozicionnyj material dlja zashhity ot gamma-izluchenija/ R.N. Jastrebinskij, V.I. Pavlenko, P.V. Matjuhin, N.A. Chetverikov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2011. – № 3. – S. 17-20.
16. Pavlenko V.I. Konstrukcionnye kompozicionnye materialy dlja radiacionnoj zashhity / Pavlenko V. I., Epifanovskij I. S., Jastrebinskij R. N., Kuprieva O. V. // Perspektivnye materialy. – 2010. – № 6. – S. 22-28.
17. Pavlenko V. I. Vysokodispersnye organosvineciloksanovyje napolniteli polimernyh matric / Pavlenko V. I., Jastrebinskaja A. V., Pavlenko Z. V., Jastrebinskij R. N. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehnicheskie nauki. – 2010. – № 2. – S. 99-103.
18. Pavlenko V.I. Polimernye dijelektricheskie kompozity s jeffektom aktivnoj zashhity / Pavlenko V. I., Jastrebinskij R. N., Jastrebinskaja A. V. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2009. – № 3. – S. 62-66.
19. Pavlenko V.I. Raschety processov prohozhdenija gamma-kvantov cherez polimernyj radiacionno-zashhitnyj kompozit / Pavlenko V. I., Lipkanskij V. M., Jastrebinskij R.N. // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 2004. – T. 77, №1. – S.12-15.
20. Jastrebinskii R.N. Transport packing set for radioactive shhaste based on a radiation-protective polymeric matrih / R.N. Jastrebinskii, V.I. Pavlenko, G.G. Bondarenko // Inorganic Materials: Applied Research. 2015. T. 6. № 5. S. 473-478.
21. Pavlenko V.I. Radiacionno-zashhitnyj tjazhelyj beton na osnove zhelezorudnogo mineral'nogo syr'ja / Pavlenko V. I., Voronov D. V., Jastrebinskij R. N. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. – 2007. – № 4. – S. 40-42.
22. Pavlenko V.I. Modeling of processes of interaction of high-energy radiations shhith radiation-protective ohide of iron composites / V.I. Pavlenko, R. N. Jastrebinskij, S. V. Degtjarev // Jelektromagnitnye volny i jelektronnye sistemy. – 2005. – T. 10, № 1-2. – S. 46-51.
23. Strukturnoobrazovanie metallooligomernyh vodnyh dispersij/ R.N. Jastrebinskij, V.I. Pavlenko, A.V. Jastrebinskaja, P.V. Matjuhin // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2012. – № 2. – S. 121-123.
24. Jastrebinskaja A. V. Modificirovannyj konstrukcionnyj stekloplastik na osnove jepoksidnyh oligomerov dlja stroitel'nyh izdelij: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. / Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. Belgorod. Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova, 2004. – 19 s.
25. Modelirovanie prohozhdenija vysokojenergeticheskikh jelektronov v vysokonapolnennom polimernom kompozite / I.V. Sokoleno, R.N. Jastrebinskij, A.A. Krajnij i dr. // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. – 2013. – №6. – S.145-148.
26. Jastrebinskij R.N. Transportnyj upakovochnyj komplekt dlja radioaktivnyh othodov na osnove radiacionno-zashhitnoj polimernoj matricy / R.N. Jastrebinskij, G.G. Bondarenko, V.I. Pavlenko // Perspektivnye materialy. – 2015. – № 6. – S. 25-31.
27. Thermoplastic constructional composite material for radiation protection / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskii, O.V. Kuprieva, I.S. Epifanovskii // Inorganic Materials: Applied Research. – 2011. – T. 2, № 2. – S. 136-141.
28. Pavlenko V.I. Simulation of the processes of gamma-radiation transport through shielding containers for radioactive shhaste / V.I. Pavlenko, R.N. Jastrebinskii, V.M. Lipkanskii // Russian Physics Journal. – 2003. – T. 46, №10. – S.1062-1065.



29. Konstrukcionnye radiacionno-zashhitnye kompozicionnye materialy na osnove modificirovannyh zhelezorudnyh porod KMA / R.N. Jastrebinskij, V. I. Pavlenko, P.V. Matjuhin i dr. // V sbornike: Regional'naja nauchno-tehnicheskaja konferencija po itogam konkursa orientirovannyh fundamental'nyh issledovanij po mezhdisciplinarnym temam, provodimogo RFFI i Pravitel'stvom Belgorodskoj oblasti. – Belgorod: BG TU im. V.G. Shuhova, 2015. – S. 491-499.

30. Gasanov S.K. Ispol'zovanie vakuumnogo ul'trafioleta dlja umen'shenija sherohovatosti poverhnosti polimernyh kompozitov / S.K. Gasanov, R.N. Jastrebinskij, V.I. Pavlenko // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2015. – № 10. – S. 11-14.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.155

Шаньгин Е.С.<sup>1</sup>, Колесник С.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, филиал ТИУ в г. Нижневартовске,<sup>2</sup>кандидат технических наук, филиал ТИУ в г. Нижневартовске**ЭКОНОМИЧНЫЙ БЕЗБАЛАНСИРНЫЙ ПРИВОД ШТАНГОВОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА****Аннотация**

*Использование для нефтеизвлечения управляемого привода штангового скважинного насоса позволяет уменьшить энергопотребление процессом нефтеизвлечения на (25...30) %, а также снизить затраты на изготовление, транспортировку и эксплуатацию наземного привода. Перспективными методами снижения затрат на добычу нефти можно считать введение в эксплуатацию бездействующих скважин путем применения наземного привода скважинного штангового насоса винтового типа (бездействующие скважины из-за болотистого грунта или из-за малodeбитного режима могут быть введены в строй действующих с помощью электропривода контейнерного типа, оказывающего на грунт давление не более 0,2 кг/см<sup>2</sup>, а возможность бесступенчатого регулирования его рабочих режимов в широких пределах - от 0,5 до 8 качаний в минуту - позволяет выбрать режим, согласующийся с индивидуальными характеристиками скважин), а так же, оснащение действующих балансирных станков-качалок регулируемые приводами позволит продлить период активного нефтеизвлечения из высокообводнённых малodeбитных скважин и уменьшить удельные затраты энергии на 10 – 25 % за счет уменьшения обводнённости скважинной жидкости.*

**Ключевые слова:** безбалансирный привод, ролико-винтовая пара, уменьшение энергопотребления.

Shangin E.S.<sup>1</sup>, Kolesnik S.V.<sup>2</sup><sup>1</sup> PhD in Engineering, <sup>2</sup>PhD in Engineering,

TIU branch in Nizhnevartovsk

**ECONOMY BALANCER DRIVES OF BULL BOREHOLES PUMP****Abstract**

*Using adjustable speed drive of downhole sucker-rod pumps (SRP) for oil production can reduce power consumption in the process of oil extraction about 25–30% and cut down expenses on manufacture, transporting and operation of ground drive. Putting into operation idle well stock by applying a ground drive of screw type sucker rod pumps can be considered as a promising technique of reducing the cost of oil production (due to boggy ground or low production mode idle wells can be put into production by means of a container-type electric drive, exerting pressure on the ground of not more than 0.2 kg/cm<sup>2</sup>, and the possibility of stageless adjustment of its operating modes, able to operate across a broad range of pumping rates – from 0.5 to 8 cycles per minute – allows to select the mode in compliance with the characteristics of the certain wells), as well as equipping the functioning beam-balanced pumping units with variable-speed drives will extend the period of active oil recovery from high water cut marginal wells and reduce unit cost of energy about 10–25% by decreasing the water content of the well fluid.*

**Keywords:** balancer drive roller screw pair, reducing power consumption.

**М**орально устаревшие приводы скважинных насосов балансирного типа не позволяют устанавливать режимы подачи насоса в соответствии с реальным дебитом скважин. Поэтому для уменьшения энергопотребления и совершенствования характеристик насосной установки необходимы технические решения, которые позволили бы создать электропривод, удовлетворяющий требованиям по энергосбережению и управляемости [1].

Особенного внимания требуют малodeбитные скважины в силу их многочисленности (до 70 % от действующего фонда скважин) и отсутствия технологического оборудования, соответствующего по своим параметрам, главным образом производительности, дебиту скважин [3, 8].

Из 160 тыс. продуктивных скважин в России более 15 тыс. не эксплуатируются по тем или иным причинам. В число причин простоя скважин можно отнести слабые и заболоченные грунты, не позволяющие устанавливать тяжёлые насосные установки балансирного типа, а также их малый диапазон управления производительностью, главным фактором которого является бесступенчатое изменение двойных ходов полированного штока в минуту [2, 6].

По мере истощения нефтегазовых и нефтеконденсатных месторождений Западной Сибири доля малопродуктивных скважин постепенно возрастает. Другим обстоятельством, пополняющим эту категорию скважин, является снижение их продуктивности по нефти с переходом на чисто газовые в направлении к северу Тюменской области.

Переход в малodeбитную стадию частично обеспечивается применением электроцентробежных насосов в режиме периодической откачки скважинной жидкости. Эта вынужденная мера в большинстве случаев применяется из-за отсутствия приемлемых альтернатив балансиальному приводу штанговых насосов.

Для снижения затрат на энергоснабжение нефтедобывающего оборудования необходимо исключить из состава скважинной жидкости воду, уменьшив её содержание до 1-2 %. Для осуществления такого режима нефтедобычи

необходимо производительность насосной установки согласовать с реальным дебитом скважины [4, 5]. Это, в свою очередь, требует применения регулируемого по скорости электропривода, способного бесступенчато изменять режим работы насоса и уменьшать тем самым энергопотребление [7]. При исключении воды из скважинной жидкости дисконтированный доход возрастает на 8-10 % для каждого способа нефтеизвлечения.

Реализация управляемого режима скважинных штанговых насосов (СШН) связана с выбором рациональной конструкции наземного привода [2].

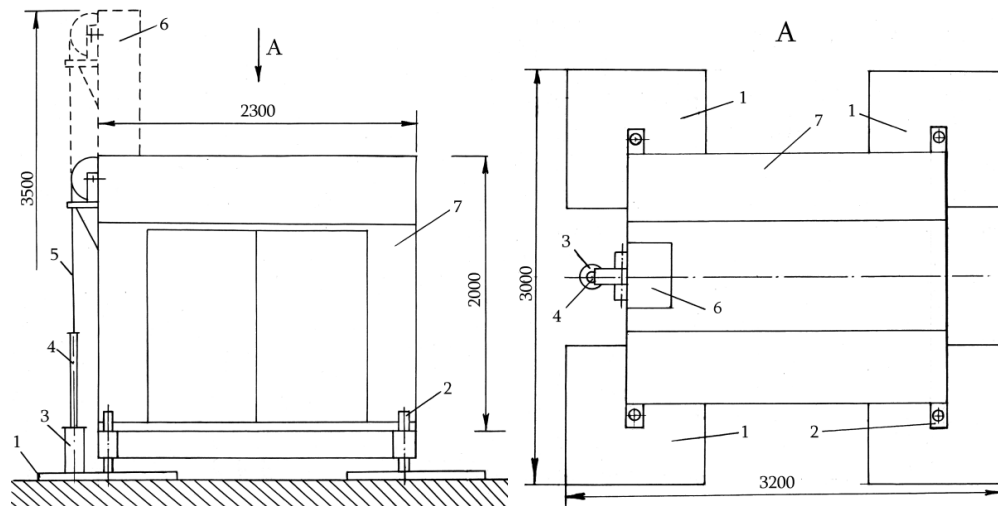


Рис. 1 – Общий вид наземного винтового привода скважинного штангового насоса

1 – опорная плита; 2 – винтовая опора; 3 – устьевая арматура скважины; 4 – сальниковый шток насоса; 5 – гибкий элемент (цепь); 6 – телескопический подъемник; 7 – контейнер с механизмом привода

Безбалансирный привод представляет собой контейнер (рис. 1), в котором размещена телескопическая стойка 1 и два вертикальных винта 2 и 3 (рис. 2). Винты соединены между собой зубчатыми колёсами 4 и 5, а также с электродвигателем 6. Гайки 7 вертикальных винтов 2 и 3 соединены с роликами 8 для цепи 9, опирающейся на опорные звёздочки 10 и 11.

Ниже приведена схема создания периодических колебаний безбалансирного привода на основе использования роliko-винтовой пары (рис. 2).

Привод работает следующим образом.

После включения электродвигателя 6 (рис. 2) вращение передаётся через зубчатые колёса 4 и 5 вертикальным винтам 2 и 3. При этом они начинают вращаться в противоположных направлениях, а их гайки 7 будут двигаться в разные стороны – одна вверх, другая вниз.

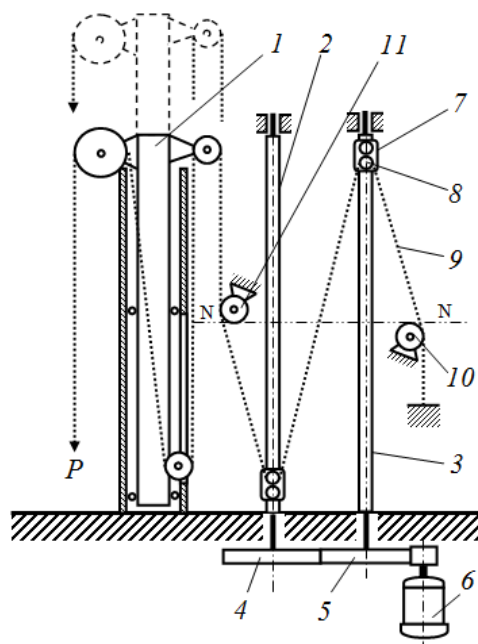


Рис. 2 – Кинематическая схема винтового привода скважинного штангового насоса

1 – телескопическая стойка; 2, 3 – вертикальные винты; 4, 5 – зубчатые колёса; 6 – электродвигатель; 7 – гайка; 8 – ролик; 9 – цепь; 10, 11 – опорная звёздочка

Вместе с ними движутся ролики 8 с перекинутой через них цепью 9. В результате этих движений цепь 9 укорачивается и поднимает груз  $P$  (т.е. полированный шток скважинного штангового насоса). Когда гайки 7 доходят до своих крайних положений, датчик положения (не показан) подаёт сигнал электродвигателю 6, который выключается, а груз  $P$  начинает опускаться под собственным весом (ролико-винтовые пары выбраны несамотормозящиеся). Когда цепь 9 займёт положение параллельно прямой N-N, двигатель 6 включается и, продолжая поднимать груз  $P$ , разводит гайки в противоположные положения до упора, после чего двигатель 6 выключается. За один полный ход гаек 7 от крайнего верхнего до крайнего нижнего положения груз  $P$  поднимается два раза.

При максимальной нагрузке на подвесе 120 кН привод имеет мощность электродвигателя 7,5 кВт, высоту подъёма штока насоса 1,5–3 м, регулируемое число двойных ходов от 0,5 до 8 мин<sup>-1</sup>. Без увеличения габаритов привода высоту подъёма штока можно увеличить до 6 метров за счёт доработки телескопической стойки 1. Скорость спуска и подъёма насоса регулируется скоростью вращения электродвигателя 6, который имеет частотное управление и может изменять скорость в широких пределах. Высота подъёма насоса регулируется перестановкой датчиков рабочего хода командоаппарата. В качестве путевых датчиков применяются конечные выключатели взрывозащищённого типа.

По сравнению с устройствами аналогичного назначения, например, балансирными станками-качалками, предлагаемое техническое решение имеет следующие преимущества:

- возможность непрерывной откачки нефти из малодебитных скважин;
- сокращение металлоемкости в 3,5 раза;
- уменьшение энергопотребления в 2 раза;
- возможность использования на слабых заболоченных грунтах;
- простота конструкции обеспечивает технологичность производства и снижает себестоимость изготовления привода.

### **ВЫВОДЫ**

Использование для нефтеизвлечения управляемого привода штангового скважинного насоса позволяет уменьшить энергопотребление процессом нефтеизвлечения на (25...30) %, а также снизить затраты на изготовление, транспортировку и эксплуатацию наземного привода. Конструкция привода, его вес и габариты позволяют транспортировать его любым видом транспорта (вплоть до вертолётного) к месту эксплуатации в состоянии заводской готовности, т.е. в готовом для эксплуатации виде. Для его установки на продуктивной скважине не требуется производить строительно-монтажные работы, включающие бетонирование фундамента, сборку насосной установки и пр. Достаточно сделать гравийную отсыпку и провести установку привода с использованием грузоподъёмного крана в течение 3-4 часов.

Таким образом, перспективными методами снижения затрат на добычу нефти можно считать:

- введение в эксплуатацию бездействующих скважин путём применения наземного привода скважинного штангового насоса винтового типа (бездействующие скважины из-за болотистого грунта или из-за малодебитного режима могут быть введены в строй действующих с помощью электропривода контейнерного типа, оказывающего на грунт давление не более  $0,2 \text{ кг/см}^2$ , а возможность бесступенчатого регулирования его рабочих режимов в широких пределах - от 0,5 до 8 качаний в минуту - позволяет выбрать режим, согласующийся с индивидуальными характеристиками скважин);
- оснащение действующих балансирных станков-качалок регулируемыми приводами позволит продлить период активного нефтеизвлечения из высокообводнённых малодебитных скважин и уменьшить удельные затраты энергии на 10 – 25 % за счет уменьшения обводнённости скважинной жидкости (расчетные данные).

### **Литература**

1. Адонин, А. Н. Добыча нефти штанговыми насосами/А.Н. Адонин. – М.: Недра, 1979. –386 с.
2. Ильясов, Б. Г. Автоматизированный привод штанговых глубинных насосов маятникового типа/ Б. Г. Ильясов, Е. С. Шаньгин // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 1. –С. 18–24.
3. Валеев, М. Д. Глубиннонасосная добыча вязкой нефти/ М.Д. Валеев, М.М. Хасанов. –Уфа: Башкиргоиздат, 1992. –122 с.
4. Справочник – автоматизация, приборы контроля и регулирования//5-автоматическое регулирование.–М.: Недра. 1967. –586 с.
5. Тер-Хачатуров, А. А. Автоматический контроль и диагностика скважинных штанговых насосных установок/ А. А. Тер-Хачатуров, Т. М. Алиев. – М.: Недра. 1988. – 296 с.
6. Вещев, О. Н. Телемеханические комплексы для нефтяной промышленности./ О. Н. Вещев. – Уфа: УНИ. 1988. –98 с.
7. Касимов, Л. Н., Шаньгин, Е. С. Привод глубинного насоса./Патент RU № 2163311. МПК F 04 В 47/02. БИ № 5. 2000.
8. Кусимов С.Т., Ильясов Б.Г., Шаньгин Е.С. и др. Информационно-управляющие системы в нефтедобывающей промышленности (монография) – М: «Машиностроение». 2009. – 658 с.

### **References**

1. Adonin, A. N. Dobycha nefiti shtangovymi nasosami/A.N. Adonin. – М.: Nedra, 1979. –386 с.
2. Il'jasov, B. G. Avtomatizirovannyj privod shtangovyh glubinnnyh nasosov majatnikovogo tipa/ B. G. Il'jasov, E. S. Shan'gin // Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie. 2012. № 1. –S. 18–24.
3. Valeev, M. D. Glubinnonasosnaja dobycha vjazkoj nefti/ M.D. Valeev, M.M. Hasanov. –Ufa: Bashkniгоizdat, 1992. – 122 s.
4. Spravochnik – avtomatizacija, pribory kontrolja i regulirovanija//5-avtomaticheskoe regulirovanie.–М.: Nedra. 1967. – 586 s.

5. Ter-Hachaturov, A. A. Avtomaticheskij kontrol' i diagnostika skvazhinnyh shtangovyh nasosnyh ustanovok/ A. A. Ter-Hachaturov, T. M. Aliev. – M.: Nedra. 1988. – 296 s.
6. Veshhev, O. N. Telemekhanicheskie komplekсы dlja neftjanoj promyshlennosti./ O. N. Veshhev. – Ufa: UNI. 1988. – 98 s.
7. Kasimov, L. N., Shan'gin, E. S. Privod glubinnogo nasosa./Patent RU № 2163311. MPK F 04 B 47/02. BI № 5. 2000.
8. Kusimov S.T., Il'jasov B.G., Shan'gin E.S. i dr. Informacionno-upravljajushhie sistemy v nefteдобывающей промышленности (монография) – M: «Mashinostroyeniye». 2009. – 658 s.

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHYSICS AND MATHEMATICS**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.020**

**Зарецкая М.В.**

ORCID: 0000-0002-9857-2693, доктор физико-математический наук, доцент,  
Кубанский государственный университет

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-08-00191\_a),  
РФФИ и администрации Краснодарского края (грант № 16-41-230154).*

### **РАЗВИТИЕ ФАКТОРИЗАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СРЕДАХ**

**Аннотация**

*В настоящей статье представлен факторизационный математический аппарат, предназначенный для исследования процессов переноса субстанций в средах со сложной структурой движения. Он служит дополнением к дифференциальному методу факторизации, если в общую схему плоскопараллельного или иного движения среды включены конвективные ячейки. Полученные результаты могут найти применение в исследовании широкого класса природных и технологических явлений, характеризующихся наличием свободной и вынужденной конвекции.*

**Ключевые слова:** структура, методы, конвекция, моделирование, экология, мониторинг.

**Zaretskaya M.V.**

ORCID: 0000-0002-9857-2693, PhD in Physics and Mathematics, associate professor,  
Kuban State University

### **ON THE DEVELOPMENT OF FACTORIZATION METHOD FOR THE STUDY OF THE TRANSPORT PROCESS IN COMPLEX STRUCTURED MEDIUM**

**Abstract**

*This article presents a factorization mathematical apparatus intended for study of transport of pollutants in medium with complex structure of movement. It serves as a complement to the differential factorization method, if the overall scheme of plane or other movement of the medium included convective cells. The results can be used in a wide class of natural research and technological phenomena characterized by the presence of free and forced convection.*

**Keywords:** structure, methods, convection, modeling, ecology, monitoring.

1. Одной из особенностей аграрного сектора экономики является его тесное взаимодействие с окружающей средой. Сельскохозяйственное производство, которое в отличие от других отраслей экономики находится в прямой зависимости от многочисленных факторов внешнего окружения, само оказывает существенное воздействие, в том числе, негативное, на качество окружающей среды, прежде всего водной среды и атмосферы.

Среди факторов загрязнения поверхностных и подземных вод отмечают, в первую очередь, транспортные средства, смывы и сбросы промышленных сельскохозяйственных предприятий: минеральные удобрения, инсектициды, пестициды, гербициды, биогены. В атмосферу выбрасываются пыль, угарный и углекислый газы, оксиды серы и азота, углеводороды, радионуклиды.

В атмосферу попадают медь, ванадий, молибден, никель, хром, кадмий, свинец, цинк, опасность которых состоит в том, что содержащаяся в них сажа способствует глубокому проникновению тяжелых металлов в организм человека. Отмечается также рост интереса к радиоактивному загрязнению среды, так как стали выявляться факты острых токсичных эффектов, вызванных загрязнением стронцием и цезием.

Попадая в окружающую среду, загрязняющие вещества (ЗВ), примеси, аэрозоли включаются в глобальную циркуляцию атмосферы и водной среды, могут претерпевать изменения и, в конечном счете, оседают на дно или поверхность водоема или суши, могут участвовать во вторичном переносе, становятся теперь действующим фактором. Специфическое воздействие, оказываемое на элементы сельскохозяйственного производства, может состоять в изменении сортового и видового состава возделываемых культур, токсичном или радионуклеидном загрязнении почв, изменении химического состава почв, генной модификации сельскохозяйственных культур.

Одним из путей оптимизации связей в системе «Сельское хозяйство – Окружающая среда» может стать введение в агропромышленном комплексе производственного экологического контроля (ПЭК) [1]. Среди информационных ресурсов, которыми должны располагать службы ПЭК, нормативные документы в сфере рационального природопользования и охраны окружающей среды, технологические регламенты, информационная база по источникам отрицательного воздействия на окружающую среду, результаты мониторинга качества окружающей среды в зоне возможного влияния агропромышленного предприятия.

Экологический мониторинг, как основной инструмент оценки качества окружающей среды в ПЭК, базирующийся на химико-аналитическом контроле [1], дает возможность только наблюдать и регистрировать

изменения параметров и процессов, но не обеспечивает оценки динамики состояния экосистем. Как следствие, возрастает ценность данных о состоянии экосистемы, полученных в ходе комплексного системного мониторинга, включающего в себя также методы прогностического математического моделирования.

2. Транспорт загрязняющих веществ в атмосфере или водной среде осуществляется сложными потоками среды, имеющими разные масштабы и структуру. Это могут быть перенос ламинарным плоскопараллельным течением, турбулентное перемешивание или течение вместе с потоком среды, осуществляющим циркуляционное движение. На современном этапе развития методов математического и имитационного моделирования наиболее полно и адекватно описывают процессы транспорта ЗВ в атмосфере и водной среде модели, основанные на решении трехмерного уравнения переноса и диффузии [2, 3]. Несомненным достоинством методов, предложенных в [2, 3], является учет фотохимической трансформации, кинетических процессов нуклеации, конденсации, испарения. Однако область, в которой происходит численное исследование транспорта ЗВ, считается однородной.

На практике, как правило, область, в которой происходит перенос ЗВ, характеризуется наличием сразу нескольких типов структур движения. Например, особенностью крупномасштабной горизонтальной циркуляции вод Черного моря является наличие общего циклонического круговорота, в котором выделяют струйное течение. Ближе к центру моря в этом генеральном течении наблюдаются отдельные вихри. Динамика атмосферы также формируется циклоническими, антициклоническими и плоскопараллельными потоками.

В связи с широким распространением циклонических (конвективных) движений, требуется развитие теории и методов исследования переноса ЗВ конвективными потоками.

3. Свободная и вынужденная конвекция являются одним из наиболее распространенных процессов как в природных, так и технологических системах. Поэтому исследование свойств конвективных течений актуально и имеет большую важность, что диктуется многочисленными приложениями в экологии, при исследовании атмосферных и океанических динамических явлений, в геофизике, астрофизике, технических устройствах и технологических процессах.

Конвективные движения жидких и газовых сред изучаются в классической гидродинамике. В основном это численное моделирование на основе уравнений Навье–Стокса, результаты которого широко представлены в публикациях, как в России, так и за ее пределами. Однако решение проблемы существенно затрудняется, если конвективные ячейки включены в общую схему плоскопараллельного или иного движения среды. В этом случае нет возможности применять для аналитического или численного решения один из двумерных или трехмерных методов моделирования, развитых в гидродинамике. Необходимо применять такой метод, который позволяет ставить граничные задачи на основе уравнений движения в различных системах координат для сред, характеризующихся существенно отличающимися механическими, химическими, реологическими характеристиками. Такую возможность предоставляют теория блочных структур и дифференциальный метод факторизации.

В работах [4–7] рассмотрена схема применения указанных методов в общем случае для граничных задач, поставленных в декартовой системе координат. Ниже предложен вариант дифференциального метода факторизации исследования смешанных начально-краевых задач для блочно структурированной среды, отдельные блоки которой формируются внутренними и внешними цилиндрическими границами.

Рассмотрим блочный элемент для внутренней начально-краевой задачи в ограниченном цилиндре  $\Omega$  радиуса  $b$ .

Процесс описывается дифференциальным уравнением Гельмгольца в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$

:

$$(\Delta + k_1^2)\psi = 0,$$

где

$$\Delta = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}, \quad r, \varphi, z \in \Omega.$$

В соответствии со схемой дифференциального метода факторизации вводим прямое и обратное тройное и двойное преобразования Фурье-Бесселя:

$$\mathbf{B}_3(\theta, p, \sigma)u = \int_0^b \int_0^{2\pi} \int_{c_1}^{c_2} u(r, \varphi, z) J_p(\theta r) \exp[i(p\varphi + \sigma z)] r dr d\varphi dz = U(\theta, p, \sigma),$$

$$\mathbf{B}_3^{-1}(r, \varphi, z)U = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} \sum_{p=-\infty}^{\infty} U(\theta, p, \sigma) J_p(\theta r) \exp[-i(p\varphi + \sigma z)] \theta d\theta d\sigma = u(r, \varphi, z),$$

$$\mathbf{B}_{21}(p, \sigma)u = \int_0^b \int_{c_1}^{c_2} u(\varphi, z) J_p(\theta_0 R) \exp[i(p\varphi + \sigma z)] R d\varphi dz = U(p, \sigma),$$

$$\mathbf{B}_{21}^{-1}(\varphi, z)U = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{p=-\infty}^{\infty} U(p, \sigma) J_p(\theta_0 R) \exp[-i(p\varphi + \sigma z)] \theta_0 d\sigma = u(\varphi, z),$$

$$\mathbf{B}_{23}(\theta, p)u = \int_0^b \int_0^{2\pi} u(r, \varphi) J_p(\theta r) \exp[i(p\varphi + \sigma_0 z_s)] r dr d\varphi = U(\theta, p),$$

$$\mathbf{B}_{23}^{-1}(r, \varphi)U = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty \sum_{p=-\infty}^\infty U(r, p) J_p(\theta r) \exp[-i(p\varphi + \sigma_0 z_s)] \theta d\theta = u(r, \varphi).$$

Здесь  $J_p(\lambda r)$  – функция Бесселя.

Далее [7] необходимо применить к исходному уравнению Гельмгольца прямые преобразования Фурье-Бесселя, построить внешнюю форму и осуществить переход к функциональному уравнению:

$$K(\theta, \sigma) \Psi(\theta, p, \sigma) = \int_{\partial\Omega_1} \omega,$$

$$K(\theta, \sigma) = (\theta^2 + \sigma^2 - k_1^2).$$

Псевдодифференциальные уравнения представляются в виде

$$\mathbf{F}_2^{-1}(r) P_1(\theta, \sigma_-, b, c_1, c_2) \exp[-i\sigma_- c_1] = 0, \quad r \in [0, b],$$

$$\mathbf{F}_2^{-1}(r) P_1(\theta, \sigma_+, b, c_1, c_2) \exp[-i\sigma_+ c_2] = 0, \quad r \in [0, b],$$

где  $\sigma_\pm = \pm i\sqrt{\theta^2 - k_1^2}$ ;

$$P_1(\theta, \sigma, b, c_1, c_2) = \int_{c_1}^{c_2} \left[ J_p(\theta b) \frac{\partial \Psi_{rp}}{\partial r} - \theta J_p'(\theta b) \Psi_{rp} \right] b \exp i \sigma z dz +$$

$$+ \int_0^b J_p(\theta r) \left[ \frac{\partial \Psi_{1p}}{\partial z} - i \sigma \Psi_{1p} \right] r \exp i \sigma c_1 dr +$$

$$+ \int_0^b J_p(\theta r) \left[ \frac{\partial \Psi_{2p}}{\partial z} - i \sigma \Psi_{2p} \right] r \exp i \sigma c_2 dr;$$

$$\Psi_{vp} = \mathbf{B}_1(r, p, z) \psi_v.$$

Некоторые вопросы получения систем псевдодифференциальных уравнений для внутренней начально-краевой задачи в ограниченном цилиндре, методы решения и обозначения представлены, например, в работе [8].

Системы псевдодифференциальных уравнений позволяют формировать интегральные уравнения для всех возможных вариантов граничных условий. Решение задачи в интегральном представлении, полученное после обращения псевдодифференциального уравнения, имеет вид:

$$\psi(r, \varphi, z) = \mathbf{B}_3^{-1}(r, \varphi, z) K^{-1}(\theta, \sigma) \int_{\partial\Omega_1} \omega.$$

В результате применения схемы дифференциального метода факторизации [7] получено интегральное представление решения граничной задачи, сформулированной в цилиндрической системе координат. Оно может быть сопоставлено с некоторым процессом, протекающим в режиме свободной или вынужденной конвекции. Согласовывая полученное решение с решением для областей, в которых осуществляется плоскопараллельное движение, можно получить наиболее достоверную общую структуру динамики атмосферы или водной среды и математическую модель переноса ЗВ от некоторого источника, моделирующего, например, предприятие агропромышленного комплекса.

#### Литература

1. Афанасьев В.Н., Суханов П.А., Афанасьев А.В., Максимов Д.А., Перцович А.Ю. Практическое руководство для сельскохозяйственных предприятий по охране окружающей среды /Под ред. В.Н. Афанасьева. – СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2005. – 272 с.
2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
3. Алоян А.Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. – М.: Наука, 2008. – 415 с.
4. Бабешко В.А., Зарецкая М.В., Рядчиков И.В. К вопросу моделирования процессов переноса в экологии, сейсмологии и их приложения // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – № 3. – С. 20–25.
5. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Зарецкая М.В., Павлова А.В., Мухин А.С., Лозовой В.В., Федоренко А.Г. О приложениях теории блочных структур в науках о земле, сейсмологии, строительстве, материаловедении // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – № 4. – С. 27–34.

6. Бабешко В.А., Бабешко О.М., Евдокимова О.В., Зарецкая М.В., Павлова А.В., Федоренко А.Г. О дифференциальном методе факторизации в приложениях // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2008. – № 2. – С. 5–12
7. Зарецкая М.В., Зарецкий А.Г. Математический аппарат исследования блочных структур с разнотипными блоками // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3 (45). Часть 2. – С. 58–60.
8. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Block elements with a cylindrical boundary in macro-and nanostructures // Doklady Physics. – 2011. – Volume 56. Issue 10. – Pages 544–547.

## References

1. Afanas'ev V.N., Suhanov P.A., Afanas'ev A.V., Maksimov D.A., Percovich A.Ju. Prakticheskoe rukovodstvo dlja sel'skohozjajstvennyh predpriyatij po ohrane okruzhajushhej sredy /Pod red. V.N. Afanas'eva. – SPb.: SZNIIMJeSH, 2005. – 272 s.
2. Marchuk G.I. Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhajushhej sredy. – M.: Nauka, 1982. – 320 s.
3. Alojjan A.E. Modelirovanie dinamiki i kinetiki gazovyh primesej i ajerozolej v atmosfere. – M.: Nauka, 2008. – 415 s.
4. Babeshko V.A., Zareckaja M.V., Rjadchikov I.V. K voprosu modelirovaniya processov perenosa v jekologii, sejsmologii i ih prilozhenija // Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2008. – № 3. – S. 20–25.
5. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M., Zareckaja M.V., Pavlova A.V., Muhin A.S., Lozovoj V.V., Fedorenko A.G. O prilozhenijah teorii blochnykh struktur v naukah o zemle, sejsmologii, stroitel'stve, materialovedenii // Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2008. – № 4. – S. 27–34.
6. Babeshko V.A., Babeshko O.M., Evdokimova O.V., Zareckaja M.V., Pavlova A.V., Fedorenko A.G. O differencial'nom metode faktorizacii v prilozhenijah // Jekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo jekonomicheskogo sotrudnichestva. – 2008. – № 2. – S. 5–12
7. Zareckaja M.V., Zareckij A.G. Matematicheskij apparat issledovanija blochnykh struktur s raznotipnymi blokami // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2016. – № 3 (45). Chast' 2. – S. 58–60.
8. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Block elements with a cylindrical boundary in macro-and nanostructures // Doklady Physics. – 2011. – Volume 56. Issue 10. – Pages 544–547.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.070

Иванов С.О.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

## СБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ

## Аннотация

Рассматриваются различные виды оценок риска в зависимости от целей, условий их получения, методов получения. Для каждого вида приведены соответствующие оценки. Многообразие различных видов сводится к четырем основным классам оценок. Для сбора данных в имитационных моделях, предлагаются «индикаторы», соответствующие представленным классам. Описаны особенности реализации «индикаторов» на языках программирования. Указывается, что для расчета любой оценки риска в имитационных моделях, достаточно описанных «индикаторов».

**Ключевые слова:** риск, оценка риска, измерение риска, имитационное моделирование.

Ivanov S.O.

The Ulianov Chuvash State University

## DATA COLLECTION FOR RISK ASSESSMENT IN SIMULATION MODELS

## Abstract

The article discusses the different kind of risk valuations, depending on the purposes, conditions and methods for their preparation. For each kind are listed corresponding valuations. A variety of different kinds of boils down to four basic classes of valuations. To collect data in the simulation model, are offered "indicators" corresponding to these classes. The features of the implementation of "indicators" are described in programming languages. There is stated that for the calculation of any risk assessment in simulation models, enough use the described "indicators".

**Keywords:** risk, value of risk, risk assessment, simulation.

Применение имитационного моделирования для анализа риска позволяет собрать множество данных о его характеристиках. Их количество потенциально неограниченно и определяется целями вычислительного эксперимента. Но основная цель при имитационном моделировании рисков является их оценка. В данной работе рассматриваются различные виды оценок риска и данные, собираемые в ходе вычислительного эксперимента, необходимые для их получения.

Риск – это сложное, многогранное понятие. Как подчеркивается в [10]: без точного определения понятия риска, невозможно точно интерпретировать результаты его измерений. Выделяются два основных подхода к определению риска: вероятностный и операционный [8, 10]. К первому можно отнести следующие определения:

1. Вероятностно-стоимостная оценка потерь;
2. Величина отклонения от ожидаемого результата (дисперсия);
3. Произведение вероятности на убыток [3].

Ко второму:

4. Неопределённое событие или условие, имеющее позитивное или негативное воздействие на компанию [6];

5. Сочетание угроз, уязвимостей и последствий [3];

6. Неопределенное воздействие на цели [10].

Различные определения привели к появлению разных оценок риска и методов их оценки. Фундаментальные подходы к оценке рисков: экспертный, аналитический (логико-вероятностный), модельно-расчетный (статистический) [4]. Каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки, что необходимо учитывать при их применении. Рассмотрим основные виды оценок используемые при анализе риска.

Следует различать оценку величины и оценивание (нормирование) риска. Оценка величины риска (один из этапов анализа риска) – процесс присвоения значений вероятности и последствий риска [1, 2, 7]. Сравнительная оценка риска связана с его приемлемостью. Она играет ключевую роль в принятии решения на этапе управления риском [2]. В одних случаях даже небольшой ущерб считается неприемлемым, в других допускается проявление в заданных пределах, например [7] риск может быть: допустимым, критическим, катастрофическим. Нормирование спектра возможных значений риска, можно проводить по принципу светофора [1]: красная – область недопустимого (чрезмерного) риска; желтая – область приемлемого риска; зеленая – область пренебрежимого риска.

Оценка риска и его значений может быть определена объективным методом и субъективным [5, 7], соответственно оценка будет объективной или субъективной. Объективные оценки получаются на основе измерений и вычислений, например: вероятности наступления событий на основе исчисления частоты [7]. Субъективные на основе предположений и мнений, например: оценка эксперта по рейтингу, мнение аудитора-консультанта [5, 7].

В [8] методы оценки риска группируются в зависимости от полноты информации, соответственно можно различать оценки в зависимости от условий их применимости: определенные, частично-определенные, полностью неопределенные.

Разделение на качественные и количественные оценки одно из самых распространенных [5, 7]. Это разделение отражает одновременно роль оценки, способ и условия ее получения. Количественная оценка вычисляется на основе количественных показателей. Качественная оценка получается на основе анализа объективных и субъективных факторов влияющих на рост степени риска [5]. Качественный подход более трудоемок, но дает полное описание риска, что существенно поможет на этапе управления риском.

Для оценки величины риска можно использовать абсолютные (величины потерь): максимально возможный убыток, наиболее вероятный убыток, ожидаемый убыток [1]; относительные (коэффициенты): шкала коэффициентов риска, комплексный коэффициент риска, стандартные финансовые показатели [8]; и другие статистические показатели [7, 8]. Величина риска может быть измерена двумя критериями [7]: среднее ожидаемое значение, колеблемость (изменчивость) возможного результата; поэтому основные статистические показатели : вариация и дисперсия или стандартное (среднеквадратическое) отклонение. Для их вычисления используются [9]: исторический подход, на основе построенной гистограммы распределения событий, вариационно-ковариационный подход, используя функцию распределения, и метод Монте-Карло, применяя построенные симуляции. Наибольшее распространение получила интервальная оценка рисковости – Value at Risk (VaR) [5, 9] и ее вариации: CVaR, AVaR, expected tail loss (ETL).

Многообразие оценок риска можно свести к трем основным классам, сочетающим особенности различных видов (Таблица 1). Это:

7. **полуколичественный** – значения с приписанным значением, например [6]: сдал, не сдал, аттестован, условно-аттестован,
8. **вероятностный** – вероятностно-стоимостные значения и статистические показатели,
9. **градуированный** – выровненные и оцененные по шкале, например: уровни риска [1], классы риска [6].
10. **характеристический** – описывают связь между источниками событий, уязвимостями и последствиями.

Таблица 1 – Сочетание характеристик оценок риска.

Характеристики	полуколичественная	градуированная	вероятностная	качественная
нормированная		+	+	
сравнительная	+	+		+
субъективная	+	+		+
объективная		+	+	+
определенная	+	+	+	+
частично-определенная	+	+		+
полностью неопределенная	+			+
качественная	+			+
количественная	+	+	+	
абсолютная	+	+	+	+
относительная		+	+	+
статистическая			+	



Для получения оценки риска модельно-расчетным методом необходимо собрать определенные данные во время работы модели. Аналогом измерительного устройства в реальном эксперименте, в симуляции является «индикатор» – конструкция, фиксирующая и собирающая значения внутри модели. В зависимости от вида оценки необходимо использовать определенные индикаторы. Рассмотрим их в порядке усложнения реализации. Реализация «индикаторов» в имитационной модели зависит от её вида и структуры, поэтому опишем их в псевдокоде.

**Индикаторы-флаги** – фиксируют факт возникновения определенной ситуации. Подходят для сбора полуколичественных оценок. Для реализации флага достаточно использовать логическую переменную, которая фиксирует возникновение условий соответствующих заданной ситуации.

**Индикаторы-счетчики** – учитывают количество возникающих событий. Являются основной для нормированных оценок и источником данных для расчета вероятностных. Реализуются с помощью целочисленной переменной, которая увеличивает свое значение при появлении отслеживаемых событий.

**Индикаторы-гистограммы** – фиксируют не только количество определенных событий, а так же распределение их величин. Необходимы для вероятностных оценок. Реализуются с помощью одномерного массива с количеством элементов определяемым наибольшим значением величины события и требуемой шириной интервалов. При возникновении отслеживаемого события, происходит инкрементация элемента массива, индекс которого соответствует интервалу содержащему величину этого события.

**Индикаторы-метки** – помечают события для отслеживания путей распространения последствий. Необходимы для оценки сложного риска, с цепными событиями и косвенным влиянием последствий [4]. Дополняют характеристические оценки, которые проводятся на основе структуры имитационной модели, а не ее работы. Реализуются добавлением в объекты-события списка узлов, которые он проходит и узел-источник, где событие возникло.

Таким образом оценку риска можно свести к одному из четырех классов оценок, сбор данных для которых, в имитационных моделях, осуществляется с помощью соответствующих «индикаторов». Следовательно для получения оценки определенного класса достаточно использовать «индикатор» определенного вида, что позволяет оптимизировать процесс проведения эксперимента.

#### Литература

1. Богоявленский С.Б. Управление риском в социально-экономических системах. - СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2010 - 147 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. - М.:Стандартинформ. - 2012.
3. Иванов С.О. Модель процесса взаимодействия // Вестник Российского университета кооперации. 2014. № 1(15). С. 132–137.
4. Иванов С.О., Ильин Д.В., Ильина Л.А. Методика анализа риска с использованием модели последствий. // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. Вып 3. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. - С.149-153.
5. Краткий курс лекций по дисциплине «Анализ и оценка рисков в бизнесе» [Электронный ресурс] // Студми. - URL: [http://studme.org/34731/finansy/analiz\\_i\\_otsenka\\_riskov\\_v\\_biznese](http://studme.org/34731/finansy/analiz_i_otsenka_riskov_v_biznese)
6. Оценка производственных рисков [Электронный ресурс] // Wikipedia. - URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оценка\\_производственных\\_рисков](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оценка_производственных_рисков)
7. Способы оценки степени риска [Электронный ресурс]. // Страховой консультант - URL: <http://www.askins.ru/index.php/methods>
8. Шпагалки по риск менеджменту [Электронный ресурс]. - URL: <http://shpori-vsem.ru/managment/146-riskmenegment.html?showall=1>
9. David Harper. An Introduction To Value at Risk (VAR) [Электронный ресурс] // Investopedia. - 2015. - URL: <http://www.investopedia.com/articles/04/092904.asp>
10. Glyn A. Holton. Defining Risk // Financial Analysts Journal. - №6(Vol.60) - CFA Institute, 2004. - P.19-25.

#### References

1. Bogoyavlenskii S.B. Upravlenie riskom v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh. - SPb: Izd-vo SPBGUEF, 2010 - 147 s.
2. GOST R ISO/MEK 31010-2011. Menedzhment riska. Metody otsenki riska. - M.:Standartinform. - 2012.
3. Ivanov S.O. Model' protsessa vzaimodeistviya // Vestnik Rossiiskogo universiteta kooperatsii. 2014. № 1(15). S. 132–137.
4. Ivanov S.O., Il'in D.V., Il'ina L.A. Metodika analiza riska s ispol'zovaniem modeli posledstviy. // Vestnik Chuvashskogo universiteta. Estestvennye i tekhnicheskie nauki. Vyp 3. - Cheboksary: Izd-vo Chuvash. un-ta, 2015. - S.149-153.
5. Kratkii kurs lektzii po distsipline «Analiz i otsenka riskov v biznese» [Elektronnyi resurs] // Studmi. - URL: [http://studme.org/34731/finansy/analiz\\_i\\_otsenka\\_riskov\\_v\\_biznese](http://studme.org/34731/finansy/analiz_i_otsenka_riskov_v_biznese)
6. Otsenka proizvodstvennykh riskov [Elektronnyi resurs] // Wikipedia. - URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Otsenka\\_proizvodstvennykh\\_riskov](https://ru.wikipedia.org/wiki/Otsenka_proizvodstvennykh_riskov)
7. Sposoby otsenki stepeni riska [Elektronnyi resurs]. // Strakhovoi konsul'tant - URL: <http://www.askins.ru/index.php/methods>
8. Shpargalki po risk menedzhmentu [Elektronnyi resurs]. - URL: <http://shpori-vsem.ru/managment/146-riskmenegment.html?showall=1>
9. David Harper. An Introduction To Value at Risk (VAR) [Elektronnyi resurs] // Investopedia. - 2015. - URL: <http://www.investopedia.com/articles/04/092904.asp>
10. Glyn A. Holton. Defining Risk // Financial Analysts Journal. - №6(Vol.60) - CFA Institute, 2004. - P.19-25.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.141

Коптев А.В.

Кандидат физико-математических наук, доцент,  
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова,  
Санкт-Петербург, Россия.

**УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ – СТОКСА. ОТ ТЕОРИИ К РЕШЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ****Аннотация**

В работе предложен подход к решению практических задач гидромеханики на основе уравнений Навье – Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. В результате применения метода решение основных уравнений сводится к решению пяти более простых задач. Каждая из этих отдельных задач решается с помощью известных методов математической физики и дифференциальных уравнений. В итоге применение предлагаемого метода предоставляет возможность для аналитического и приближенно-аналитического решения 2D и 3D уравнений Навье – Стокса и построения решений конкретных практических задач.

**Ключевые слова:** движение, вязкая несжимаемая жидкость, уравнение в частных производных, интеграл.

Koptev A.V.

PhD in Physics and Mathematics,  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
Saint – Petersburg, Russia.

**THE NAVIER – STOKES EQUATIONS. FROM THEORY FORWARD TO SOLUTION OF PRACTICAL PROBLEMS****Abstract**

On the paper under consideration we propose an approach to the solution of practical problems of fluid mechanics based on the Navier – Stokes equations for viscous incompressible fluid flow. As a result, the solution of the governing equations is reduced to the solution of five simple tasks. Each of these separate tasks is considered using known methods of mathematical physics and differential equations. As a result, the application of the proposed method provides the ability for analytical and approximate analytical solutions 2D and 3D Navier - Stokes equations and constructing solutions for specific practical problems.

**Keywords:** motion, viscous incompressible fluid, partial differential equation, integral.

The Navier - Stokes equations describe the motion of fluids and gases in the presence of viscosity. These equations are nonlinear and represent not only mathematical interest but also serve as a basis for the solution of many practical problems. They are of particular interest for areas where the viscous friction effects play an important role. These areas include: oil production, shipbuilding, hydrology, meteorology, tribology.

If the potential of external forces then 3D Navier – Stokes equations for viscous incompressible fluid flow on dimensionless variables look as [1]

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{\partial(p+\Phi)}{\partial x} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta u, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\partial(p+\Phi)}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta v, \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial(p+\Phi)}{\partial z} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta w, \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

Where major unknowns are velocities  $u, v, w$  and pressure  $p$ . Each of them is a function of four independent variables  $x, y, z, t$ . On right hand sides of (1-3)  $\Delta$  designated Laplace operator in the spatial coordinates

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

The potential of external force designated as  $\Phi$ . It is a given function.  $\text{Re}$  is the Reynolds number. This value represents a predetermined non-negative parameter.

For today many issues associated with the equations (1-4) have not been studied enough and require more deep investigation [2-3]. No detailed description of the laminar- turbulent transition, not fully solved the problem of existence for smooth solution, not clear asymptotic of the solution for large values of Reynolds number. But the main unresolved problem is the lack of constructive method for solving the equations. As in the general case to solve equations (1-4) while maintaining the non-linear terms, this issue needs to be resolved.

In this paper we proposed to describe a new method for practical solution to the Navier – Stokes equations (1-4). The essence of the proposed approach is to reduce the basic problem of resolution of (1-4) to a set of simple tasks. We face five more simple tasks which should be consistently resolved.

1. Each of the separate equations (1-4) can be represented in the divergent form as

$$\frac{\partial P_i}{\partial x} + \frac{\partial Q_i}{\partial y} + \frac{\partial R_i}{\partial z} + \frac{\partial S_i}{\partial t} = 0, \quad (5)$$

where  $P_i, Q_i, R_i, S_i$  denotes some combinations of major unknowns  $u, v, w, p$  and their first derivatives with respect to coordinates. Every equation of the form (5) allows integration in general

$$P_i = \frac{\partial \Psi_{2,i}}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_{4,i}}{\partial z} + \frac{\partial \Psi_{6,i}}{\partial t} + \alpha_i, \quad Q_i = -\frac{\partial \Psi_{2,i}}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_{5,i}}{\partial z} - \frac{\partial \Psi_{3,i}}{\partial t} + \beta_i, \\ R_i = \frac{\partial \Psi_{4,i}}{\partial x} - \frac{\partial \Psi_{5,i}}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_{1,i}}{\partial t} + \gamma_i, \quad S_i = -\frac{\partial \Psi_{6,i}}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_{3,i}}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_{1,i}}{\partial t} + \delta_i. \quad (6)$$

Where  $\Psi_{k,i}, k=1,2,\dots,6$  are some twice differentiable functions in four variables and  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$  are an arbitrary functions in three variables under conditions

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial x} = \frac{\partial \beta_i}{\partial y} = \frac{\partial \gamma_i}{\partial z} = \frac{\partial \delta_i}{\partial t} = 0.$$

While 3D Navier – Stokes equations including the continuity one combine four ratios as (5), so we obtain relations as (6) for everyone of  $i=1,2,3,4$ . In sum, we get sixteen relations of the specified kind.

2. Equality of the form (6) can be converted so as to exclude any nonlinear and non-divergent terms. As the result we arrive to nine equations linked major unknowns  $u, v, w, p$ , associated ones  $\Psi_i, i=1,2, \dots, 15$  and an arbitrary additive functions in three variables  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$ . These equations look as

$$p = -\Phi - \frac{U^2}{2} - d - d_t + \alpha_4 + \beta_4 + \gamma_4, \quad (7)$$

$$u^2 - v^2 + \frac{2}{\text{Re}} \left( -\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{\partial^2 \Psi_{10}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi_{10}}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 \Psi_{11}}{\partial z^2} - \\ \frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \Psi_{15}}{\partial y \partial z} + \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial x \partial z} + \frac{\partial}{\partial t} \left[ -\frac{\partial \Psi_1}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_3}{\partial y} + \frac{\partial (\Psi_5 + \Psi_6)}{\partial z} \right] + \\ 3(\alpha_4 - \beta_4), \quad (8)$$

$$v^2 - w^2 + \frac{2}{\text{Re}} \left( -\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \frac{\partial^2 \Psi_{10}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi_{11}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial y^2} + \\ \frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \Psi_{13}}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial x \partial z} + \frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{\partial (\Psi_1 + \Psi_2)}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_4}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_6}{\partial z} \right] + \\ 3(\beta_4 - \gamma_4), \quad (9)$$

$$uv - \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{\partial^2 \Psi_{10}}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2} \left( -\frac{\partial^2 \Psi_{15}}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial y \partial z} + \right. \\ \left. \frac{\partial^2 \Psi_{13}}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left[ -\frac{\partial \Psi_3}{\partial x} - \frac{\partial \Psi_1}{\partial y} - \frac{\partial (\Psi_8 + \Psi_9)}{\partial z} \right] + \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \alpha_1}{\partial z} - \frac{\partial \alpha_3}{\partial t} + \frac{\partial \beta_1}{\partial z} - \frac{\partial \beta_2}{\partial t} \right), \quad (10)$$

$$uw - \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \frac{\partial^2 \Psi_{11}}{\partial x \partial z} + \frac{1}{2} \left( -\frac{\partial^2 \Psi_{15}}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial y^2} - \right. \\ \left. \frac{\partial^2 \Psi_{13}}{\partial y \partial z} \right) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left[ -\frac{\partial \Psi_5}{\partial x} + \frac{\partial (\Psi_9 - \Psi_7)}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial z} \right] - \\ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \alpha_1}{\partial y} + \frac{\partial \alpha_2}{\partial t} - \frac{\partial \gamma_1}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_3}{\partial t} \right), \quad (11)$$

$$vw - \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial y \partial z} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \Psi_{15}}{\partial x^2} - \right.$$

$$\frac{\partial^2 \Psi_{13}}{\partial x \partial z} \Big) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{\partial(\Psi_7 + \Psi_8)}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_6}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_4}{\partial z} \right] - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \beta_1}{\partial x} + \frac{\partial \beta_3}{\partial t} + \frac{\partial \gamma_1}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_2}{\partial t} \right), \quad (12)$$

$$u = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial y} \left( -\frac{\partial \Psi_3}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_1}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_7}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( -\frac{\partial \Psi_5}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_8}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_2}{\partial z} \right) \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \alpha_2}{\partial z} + \frac{\partial \alpha_3}{\partial y} + \frac{\partial \delta_1}{\partial y} + \frac{\partial \delta_2}{\partial z} \right), \quad (13)$$

$$v = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \Psi_3}{\partial x} - \frac{\partial \Psi_1}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_7}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( -\frac{\partial \Psi_9}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_6}{\partial y} - \frac{\partial \Psi_4}{\partial z} \right) \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \beta_2}{\partial x} + \frac{\partial \beta_3}{\partial z} - \frac{\partial \delta_1}{\partial x} + \frac{\partial \delta_3}{\partial z} \right), \quad (14)$$

$$w = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \Psi_5}{\partial x} - \frac{\partial \Psi_8}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_2}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \Psi_9}{\partial x} - \frac{\partial \Psi_6}{\partial y} + \frac{\partial \Psi_4}{\partial z} \right) \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \gamma_2}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_3}{\partial x} - \frac{\partial \delta_2}{\partial x} - \frac{\partial \delta_3}{\partial y} \right). \quad (15)$$

In equation (7) used the new designation.  $U$  is the velocity module,  $d$  and  $d_t$  are dissipative terms calculated as

$$d = -\frac{U^2}{6} + \frac{1}{3} \left( -\Delta_{xy} \Psi_{10} + \Delta_{zx} \Psi_{11} - \Delta_{yz} \Psi_{12} - \frac{\partial^2 \Psi_{13}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \Psi_{14}}{\partial x \partial z} - \frac{\partial^2 \Psi_{15}}{\partial y \partial z} \right),$$

$$d_t = -\frac{1}{3} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{\partial(\Psi_2 - \Psi_1)}{\partial x} + \frac{\partial(\Psi_4 - \Psi_3)}{\partial y} + \frac{\partial(\Psi_6 - \Psi_5)}{\partial z} \right].$$

Here  $\Delta_{xy}$ ,  $\Delta_{yz}$ ,  $\Delta_{zx}$  denotes incomplete Laplace operators

$$\Delta_{xy} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \quad \Delta_{zx} = \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{\partial^2}{\partial x^2}, \quad \Delta_{yz} = \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

For associated unknown in compared to (6) we introduce more simple designation and propose the name as stream pseudo function [4-5]. Considered together nine ratio (7-15) provide the first integral of Navier – Stokes equations.

3. Of the nine received there five nonlinear relationships (8-12). They contain quadratic nonlinear terms. These nonlinear equations can be resolved relative to six unknown  $\Psi_j$ , where  $j=10,11,\dots, 15$  only if satisfied the two conditions of compatibility. Each of them reduce to one equation of the fifth order with respect to nine unknown  $\Psi_k$ , where  $k=1,2,\dots, 9$ . These two equations can be called the generator of solutions of 3D Navier – Stokes equations. For more simple case of 2D motion such generating equation is only one [5]. All solutions obtained by this way have a similar structure [4]. The structural formulas for solution of original equations (1-4) given by (7), (13-15).

4. To complete the solution remains to find unknown  $p$ . To do this you must at first determine six unknown  $\Psi_j$ , where  $j=10,11,\dots, 15$ . Three of them can be set arbitrary. Those unknown are the next  $\Psi_{13}$ ,  $\Psi_{14}$ ,  $\Psi_{15}$ . The remaining three ones are defined as solution of linear inhomogeneous equations

$$g_4 = -\frac{\partial^2 \Psi_{10}}{\partial x \partial y}, \quad g_5 = \frac{\partial^2 \Psi_{11}}{\partial x \partial z}, \quad g_6 = -\frac{\partial^2 \Psi_{12}}{\partial y \partial z}, \quad (16)$$

where  $g_i$  represent is already known functions.

Equation of the form (14) can be solved by standard methods.

5. All values presents in the right hand sides of structure formula (7), (13-15) are defined. Unknown  $p$  is easy to calculate. As a result all of the major unknown  $u$ ,  $v$ ,  $w$ ,  $p$  are found out. The solution of the Navier – Stokes equations is fully built. Note

that similar approach can be applied to construct solutions of the Euler equations which describe an ideal fluid flow. It suffices to set in all relationships  $\frac{1}{Re} = 0$ .

Fair following conclusions. When implementing this approach is important the introduction of new associated unknowns  $\Psi_i$ . Due to this fact the solution of the Navier – Stokes equations for some cases is possible to obtain in closed form.

Among the described above individual tasks most difficult is third one. But at this stage as an enabling factor have a significant excess in the number of unknowns over number of equations. We have nine unknown and only two equations. This fact is convenient for solving practical problems.

The approach described above can be successfully applied to solve a wide range of practical tasks. Solutions of some tasks considered in [5-8].

### References

1. Loitsyanskiy L. G. Mechanics of fluid and gas // Nauka, Moscow. – 1987.
2. Ladyjenskaya O. A. The mathematical theory of viscous incompressible fluid // Gordon and Breach, New York. – 1969.
3. Charles L. Fefferman. Existence and smoothness of the Navier – Stokes equation // Preprint, Princeton university, Math. Dept., Princeton, NJ, USA. – 2000. – P. 1-5.
4. Koptev A. V. The structure of solution of the Navier – Stokes equations // Bulletin of the national research nuclear university MEPI. – 2014. – 3(6). – P. 556-560.
5. Koptev A. V. Generator of solution of 2D Navier – Stokes equations // Journal of Siberian federal university, Math. & Phys. – 2014. – 7(3). – P. 324-330.
6. Koptev A. V. Dynamic response of the underwater pipeline on the sea currents // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S.O. Makarova. – 2014. – 4(26). – P. 107-114 (in Russian).
7. Koptev A.V. Research of influence of underwater current on the dynamics of the ship // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S.O. Makarova. – 2015. – 2(30). – P. 16-23 (in Russian).
8. Koptev A. V. Theoretical research of the flow around the cylinder of an ideal incompressible medium in the presence of a shielding effect // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. adm. S.O. Makarova. – 2016. – 2(36). – P. 127-137 (in Russian).

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.180

Останин С.А.<sup>1</sup>, Семёнов Г.А.<sup>2</sup>, Шайдук А.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, Алтайский государственный университет;

<sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет;

<sup>3</sup>доктор физико-математических наук, Алтайский государственный медицинский университет

### ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ОКОННЫМ СПЕКТРАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

#### Аннотация

Предложен эффективный способ обнаружения в шуме радиоимпульсов (электромагнитных сигналов малой длительности, имеющих неизвестное время прихода). Рассмотрены граничные значения параметров радиоимпульса, при которых необходимо использование оконного спектрально-статистического метода. Приведён подробный алгоритм работы предложенного метода. Описан виртуальный прибор, реализующий алгоритм детектирования, созданный в программной среде LabVIEW. Приведено подробное описание лицевой панели виртуального прибора, рассмотрен пример тестового детектирования.

**Ключевые слова:** электромагнитный импульс, спектральный анализ, оконный спектрально-статистический метод.

Ostanin S.A.<sup>1</sup>, Semenov G.A.<sup>2</sup>, Shayduk A.M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, Altai state university;

<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics, Saint-Petersburg state agrarian University;

<sup>3</sup>PhD in Physics and Mathematics, Altai state medical university

### ELECTROMAGNETIC PULSES DETECTION BY SPECTRAL-STATISTICAL WINDOW METHOD

#### Abstract

The electromagnetic pulse detection effective method in noise is proposed (short electromagnetic signal with unknown start time). Considered the marginal values of the parameters of the pulse, when it is necessary to use spectral-statistical window method. The detailed algorithm of the proposed method is here. LabVIEW virtual programming instrument for implementation detection algorithm is described. Detailed description of the front panel of virtual instrument is considered as an example of test detection.

**Keywords:** electromagnetic pulse, spectral analysis, spectral-statistical window method.

Всё большее влияние на окружающую среду в настоящее время оказывают источники электромагнитного загрязнения, что обусловлено как увеличением территории электрификации, так и постоянным расширением области применения радиопередающих устройств различного назначения. Детектирование электромагнитных импульсов входит в общий список задач экологического мониторинга, который по-прежнему не теряет своей актуальности. Общее воздействие электромагнитного фона, создаваемого совокупностью разнородных источников в исследуемой зоне, обусловлено мощностью каждого источника и количеством источников. Естественно, что при

большом числе даже маломощных источников суммарный электромагнитный фон может оказаться очень высоким. Это обуславливает необходимость выявления наличия и, если необходимо, идентификации каждой его отдельной компоненты, что, в свою очередь, в силу его малой мощности далеко не всегда представляется возможным.

Мощность радиоимпульса определяется его амплитудой и длительностью: длительный по времени, но малый по амплитуде импульс и кратковременный импульс высокой амплитуды могут иметь одинаковую мощность. В общем виде радиоимпульс на фоне шума можно представить как сумму двух компонент:

$$x(t) = x_{ш}(t) + x_p(t), \quad (1)$$

где  $x_{ш}(t)$  – шумовая составляющая, определённая на всём времени  $T$  регистрации сигнала;  $x_p(t)$  – радиоимпульс, имеющий некоторое неизвестное время прихода  $t_0$  и длительность  $\Delta t$ , причём

$$[t_0; t_0 + \Delta t] \in [0; T]. \quad (2)$$

Часто для анализа доступен сигнал в дискретном представлении

$$x_n = x(t_n) = x_{ш}(t_n) + x_p(t_n). \quad (3)$$

Одним из основных методов детектирования периодических сигналов, в том числе радиоимпульсов, является спектральный анализ. При малой частоте появления радиоимпульса его суммарная энергия может оказаться ниже порога чувствительности спектрального метода, что сделает обнаружение невозможным. Такая ситуация реализуется, например, когда передающее устройство включается только при необходимости передачи. В работе [1] для нормального шума в случае дискретного представления сигнала показано, что минимальное значение энергии радиоимпульса, необходимое для его обнаружения в шуме определяется параметром

$$k_s = \alpha \eta \sqrt{\frac{N}{\ln\left(\frac{N}{2}\right)}}, \quad (4)$$

где  $N$  – объём выборки (количество элементов временного ряда при дискретном представлении сигнала),  $\alpha$  – относительная длительность радиоимпульса,  $\eta$  – относительная интенсивность радиоимпульса:

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T}, \eta = \frac{\overline{X_p^2}}{\overline{X_{ш}^2}}. \quad (5)$$

Сформулировано следующее условие успешного детектирования радиоимпульса (и любого квазипериодического сигнала [1]):

$$k_s > 1. \quad (6)$$

В случаях, когда  $k_s$  меньше единицы, и нет возможности менять время регистрации сигнала  $T$  и частоту дискретизации при аналогов-цифровом преобразовании, при постоянной длительности радиоимпульса  $\Delta t$  его обнаружение в шуме спектральным методом невозможно.

Для повышения чувствительности спектрального анализа предложен оконный спектрально-статистический метод детектирования. Метод предполагает разделение исследуемого сигнала на фрагменты с последующим спектральным анализом каждого фрагмента. Анализируемый сигнал представляет собой шум среды, предположительно содержащий радиоимпульс. Контрольными параметрами являются максимумы спектральной плотности мощности фрагментов сигнала. Посредством численного моделирования для нормально распределённого по значению интенсивности шума была построена статистическая модель, позволяющая сформулировать условие идентификации выброса (промаха) – элемента, принадлежащего фрагменту сигнала, имеющего негауссово распределение (то есть фрагмента сигнала, содержащего радиоимпульс).

Алгоритм детектирования электромагнитного импульса оконным спектрально-статистическим методом выглядит следующим образом:

1. Разделение с помощью временного окна анализируемого временного ряда на фрагменты со сдвигом ширины, равной половине ширины временного окна;
2. Вычисление односторонней спектральной плотности мощности каждого фрагмента временного ряда по формуле:

$$S_l(\omega_k) = \begin{cases} 2 |A(\omega_k)|^2, & \omega_k \geq 0; \\ 0, & \omega_k < 0 \end{cases}; \quad (7)$$

3. Поиск максимальных значений полученных спектров  $S_l^{Max}$ ;

4. Анализ массива значений максимумов спектров фрагментов сигнала путём проверки соответствующего критерия статистического выброса.

В случае, если наибольшее значение массива максимумов спектров фрагментов сигнала окажется выше критического значения, делается вывод о наличии радиоимпульса в соответствующем фрагменте сигнала. Критерии получены численно, исходя из условия, что правее критического значения максимума спектральной плотности фрагмента сигнала должно содержаться менее одного элемента соответствующего временного ряда.

При дискретном представлении сигнала для выборки объёмом  $N=10^4$  элементов критическое отклонение максимума составило 5,75 средних квадратических отклонений массива максимумов спектров, в случае  $N=10^5$  – соответственно, 5,50. Количество фрагментов, на которые разделялся сигнал, при этом определялось таким образом, чтобы ширина временного окна составляла 1% от длительности всего исследуемого сигнала.

Реализация предложенного метода осуществлялась путём создания виртуального прибора в программной среде LabVIEW [2].

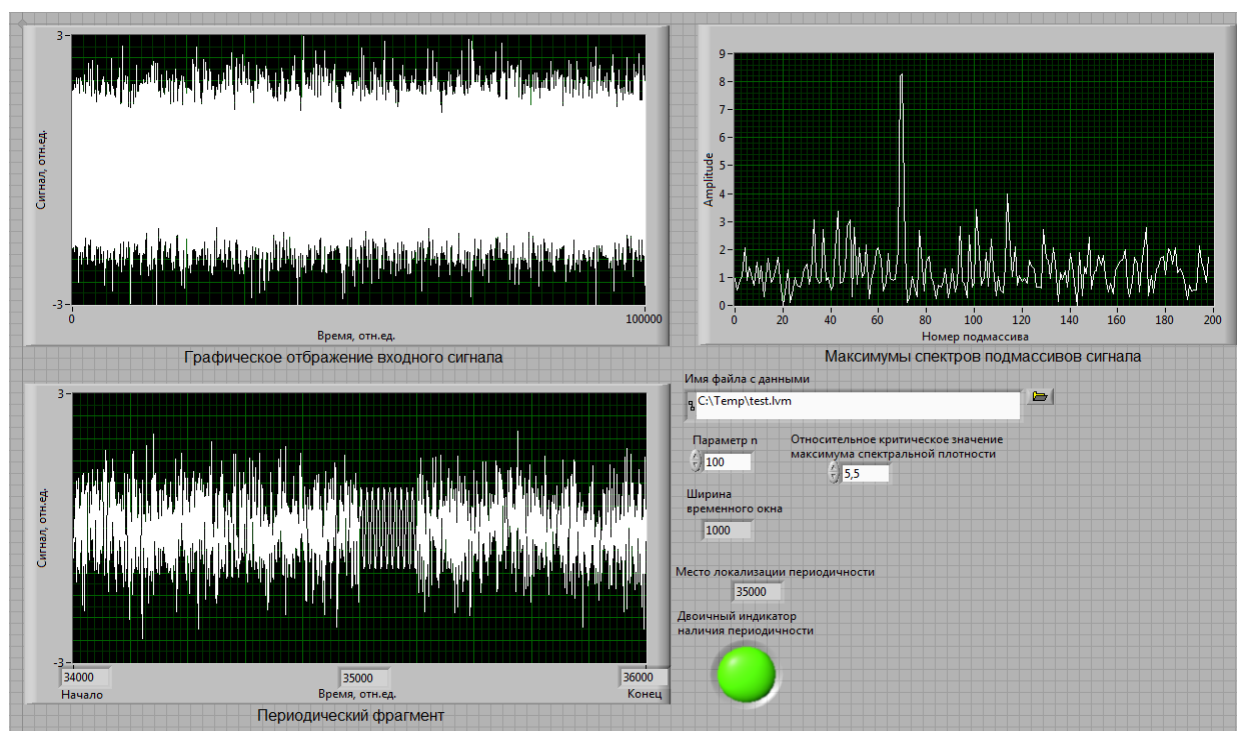


Рис. 1 – Виртуальный детектор радиоимпульсов в шуме оконным спектрально-статистическим методом (лицевая панель)

На рисунке 1 изображена лицевая панель (интерфейсная часть) виртуального прибора, осуществляющего детектирование электромагнитных импульсов в шуме оконным спектрально-статистическим методом. Естественно, что виртуальный прибор применяется для зашумлённых радиоимпульсов, данный пример сигнала приведён для наглядности. В левом верхнем углу лицевой панели прибора расположен виртуальный осциллограф, отображающий весь исследуемый сигнал; в правом верхнем – отображающий массив максимумов спектров фрагментов сигнала; в левом нижнем углу – найденный участок, содержащий радиоимпульс. Цветовой индикатор на рисунке 1 сигнализирует об успешном результате детектирования, в окне “место локализации периодичности” отображается номер центрального элемента участка сигнала, содержащего радиоимпульс.

Управляемыми параметрами виртуального прибора являются: параметр  $n$ , определяющий количество интервалов разбиения сигнала (выбирается на основе гипотезы о длительности электромагнитного импульса); относительное критическое значение максимума спектральной плотности мощности (в единицах его среднего квадратического отклонения). С помощью данного прибора были выявлены границы применимости оконного спектрально-статистического метода. Установлено, что чувствительность спектрального метода поиска периодического фрагмента в шуме путём его преобразования в оконный метод удалось повысить почти на порядок.

Оконный спектрально-статистический метод (и соответствующий виртуальный прибор) позволяет решать подобные задачи в таких областях, как доплеровская анемометрия, эхолокация; позволяет проводить анализ открытых динамических систем, биомедицинских сигналов. Метод является законченным, виртуальный прибор полностью готов к внедрению.

### Литература

1. Шайдук А.М. Границы применимости спектральных методов обнаружения сигналов малой длительности / А.М. Шайдук, С.А. Останин, Г.А. Семёнов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. - №5 (108). - С. 35-40.
2. Travis J. LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun / J. Travis, J. Kring. – 3rd ed. Crawfordsville: Prentice Hall. – 2007. – 982 p.

### References

1. Shajduk A.M. Granicy primenimosti spektral'nyh metodov obnaruzhenija signalov maloj dlitel'nosti / A.M. Shajduk, S.A. Ostanin, G.A. Semjonov // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. – 2010. - №5 (108). - S. 35-40.
2. Travis J. LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun / J. Travis, J. Kring. – 3rd ed. Crawfordsville: Prentice Hall. – 2007. – 982 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.177

Приньков А.С.<sup>1</sup>, Николаев Д.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID:0000-0003-4983-6477, студент, <sup>2</sup>кандидат физико-математических наук,

Липецкий государственный технический университет

**РАЗРАБОТКА АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ БИБЛИОТЕКИ КОНЕЧНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОБОБЩЕННЫХ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ****Аннотация**

В статье рассмотрена – разработка программной библиотеки конечных полей для дальнейшего использования в качестве алгебраической структуры для ассиметричных схем шифрования на языке Java. Также, в статье представлены UML схема программного комплекса, описание основных классов и результаты апробации разработанного программного обеспечения. Рассмотрены численные методы, используемые при разработке, учитывающие специфику алгебраических структур. Приведен сравнительный анализ, существующих решений.

**Ключевые слова:** конечные поля, криптосистема, алгебраическая библиотека, криптография.

Prinkov A.S.<sup>1</sup>, Nikolayev D.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID:0000-0003-4983-6477, Student, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,

Lipetsk State Technical University

**DEVELOPMENT ALGEBRAIC LIBRARY FINITE FIELDS FOR GENERALIZED CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS****Abstract**

This article discusses the development of finite fields of software libraries for future use as algebraic structure for cryptographic asymmetric encryption schemes in Java. Also, in the article the UML diagram software package, a description of the main classes and the results of testing of the developed software. We describe the numerical methods used in the development, taking into account the specifics of algebraic structures. The article includes a comparative analysis of existing solutions.

**Keywords:** finite fields, cryptosystem, algebraic library, cryptography.

Криптографические методы считаются надежным способом защиты информации. В связи с колоссально быстрым ростом вычислительной мощности электронно-вычислительных машин возникает потребность в постоянном усовершенствовании средств защиты. В последнее время улучшение криптосистем всё чаще выполняется путем интеграции новых алгебраических структур или изменения характеристик существующих. Здесь и далее, криптосистема - это завершённая комплексная модель, способная производить двусторонние криптопреобразования над произвольными данными. Криптосистема выполняет три основные функции: усиление защищённости данных, облегчение работы с криптоалгоритмом со стороны человека и обеспечение совместимости потока данных с другим программным обеспечением.

Цель данной работы – создать эффективную, обобщённую программную библиотеку, включающую в себя реализацию конечных полей, для использования криптосистемами на языке Java.

Конечное поле, или поле Галуа — поле, состоящее из конечного числа элементов. Наиболее известным примером конечного поля является поле классов вычетов по простому модулю, то есть факторкольцо  $Z/p$ . Если  $p$  - конечное поле, тогда оно состоит из  $p^n$  элементов, где простое число  $p$  является характеристикой поля, а натуральное число  $n$  является степенью поля над его простым подполем. Поля одинаковых порядков совпадают с точностью до изоморфизма. Конечные поля получили повсеместное применение в криптографии. На данный момент на их использовании базируются такие криптосистемы, как схема Эль-Гамала, алгоритм Чаума, RSA, криптосистема Рабина, схема Шнора и т.д. Их криптостойкость основана на сложности вычисления однонаправленных [1] функций на конечных полях [2]. Построение поля  $GF(p^n)$ , где  $p$  - простое число,  $n$  - натуральное число, начинается с построения его примарного подполя (которое совпадает со всем полем при  $n = 1$ ). Примарное поле строится как кольцо  $Z_p$  вычетов по модулю  $p$ , которое в виду простоты  $p$  не имеет делителей нуля и поэтому является полем. Далее построение происходит следующим образом:  $GF(p^n) = Z_p[x]/\langle P_n(x) \rangle$ , где  $\langle P_n(x) \rangle$  – неприводимый многочлен над полем  $Z_p$ .

Для разработки был выбран язык программирования Java из-за его кроссплатформенности, популярности. Немаловажно, что подавляющее количество мобильных устройств и серверов работают на виртуальной машине Java. При нынешних темпах развития индустрии портативных устройств и web, потребность в разработке такой библиотеки набирает актуальность. Существуют аналогичные криптографические пакеты. Среди которых большая часть коммерческие и узкоспециализированные (IAIK, JCE, Digt Trusted Java). Другим решением является бесплатный пакет Bouncy Castle. Их общий недостаток отсутствие обобщённости, из-за этого приходится дублировать код в двух случаях: при разработке нового алгоритма и при добавлении алгебраической структуры к уже существующему. Что противоречит стандартам объектно-ориентированного подхода и в дальнейшем приводит к уменьшению стабильности и нарушению целостности библиотеки. У всех этих библиотек, помимо этого, есть и другие существенные недостатки: использование статических структур, отсутствие открытого доступа к алгебраическим модулям, некорректная работа с кириллицей. Главным же недостатком обобщённого подхода является скорость работы, в связи с использованием технологии позднего связывания.

Для начала необходимо спроектировать структуру библиотеки, показанную на рисунке 1. Она составлена в соответствии с классическими определениями абстрактной алгебры [3].

Оцифровка каждого символа (char) алфавита на конечном поле (характеристики  $p$ ) производится следующим образом:



$$char = N_{char}$$

$$N_{char} = (a_1 \dots a_n)_p$$

С помощью механизма наследования и шаблонов становится возможным использование обобщенных схем шифрования и динамическое подключение алгебраических структур. Под динамическим подключением понимается возможность выбора используемой алгебраической структуры на стадии выполнения программы. Также, данный подход допускает независимое добавление алгебраических структур для криптосистем, при условии согласованности с архитектурой библиотеки. Данная библиотека является полностью независимой и может быть использована любой криптографической системой.

Безусловно, даже при разработке обобщенного программного обеспечения необходимо учитывать специфику реализуемых объектов, как минимум для оптимизации вычислений. Выделим некоторые из использованных численных методов. На полях по определению существуют две операции, и на конечных в том числе. В нашем случае, ресурсозатратными операциями являются умножение и возведение в степень. Умножение возможно оптимизировать с помощью сведения умножения на побитовый сдвиг и поразрядное дополнение, после разложения объекта по двоичному базису на исходном поле. Для возведения в степень целесообразно использовать дихотомический алгоритм возведения в степень, который применим для объектов любой природы. В отличие от возведения по определению (полиномиальная сложность) он характеризуется логарифмической сложностью. Кроме того, для кеширования элементов поля использован паттерн проектирования «Фабрика», что существенно ускоряет вычисления с течением времени использования библиотеки. Следует отметить, что вышеперечисленные методы оптимизация дают наибольший выигрыш при двоичной архитектуре компьютера.

После проектирования реализуем программный комплекс, используя инструменты обобщенного и рефлексивного программирования. В качестве идентифицирующего элемента будем использовать суперкласс Object, все классы являются его подклассами. Для передачи информации между объектами воспользуемся строковым типом, из-за возможности сериализации любых данных в строковые и обратной десериализации. Для оптимизации всех вычислений и генераций будем использовать алгоритмы, приведенные в [4, 5]. Проблема с использованием кириллицы решена посредством увеличения размерности характеристик конечных полей.

Библиотека содержит следующие основные классы и интерфейсы:

1. AddSemiGroup – это интерфейс полугруппы по сложению, обязующий реализовать операцию сложения и нейтральный элемент.
2. MultSemiGroup – интерфейс полугруппы по умножению.
3. AddGroup – интерфейс группы по сложению, дополняющий функцией обращения элемента.
4. MultGroup – соответствующий интерфейс группы по умножению. Мультипликативную группу поля образует поле Галуа без нулевого элемента. Эта группа является циклической, то есть в ней есть порождающий элемент, а все остальные получаются возведением в степень порождающего.
5. SemiRing, SemiField, Ring – абстрактные классы, реализующие родительские методы, наследуясь от них можно добавить произвольную алгебраическую структуру.
6. Field – обобщенный класс поля, реализующий интерфейсы групп по сложению и умножению.

Оценим работоспособность библиотеки (таблица 2) на примере поточного шифрования текста определенной длины криптосистемой Эль-Гамала, используя реализацию на ЭВМ (таблица 1). Результаты представлены, как среднее арифметическое 500 запусков шифрования.

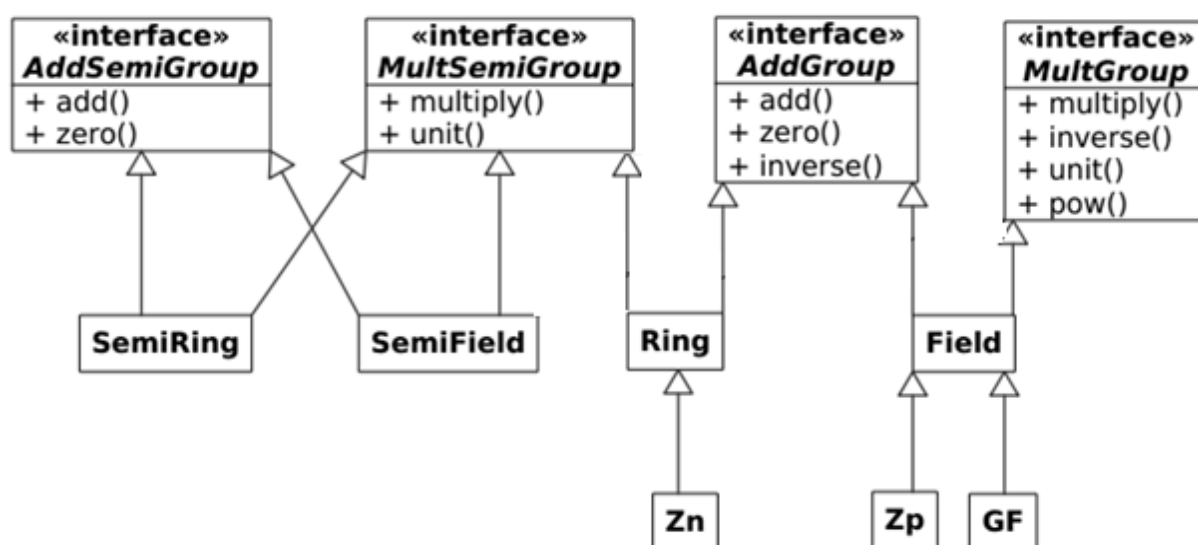


Рис. 1 – Структура алгебраической библиотеки

Таблица 1 – Технические характеристики ЭВМ

Процессор	CPU CryptoHash	CPU Fibonacci	CPU Blowfish
4 x intel Core i5-4210U 2.7 GHz	287	1.82	4.71

Таблица 2 – Практические вычисления

Размер текста, символы UTF-16	$\mathbb{Z}_p$ , секунды	$GF(p^n)$ , секунды
10	0.04 – 0.1	0.003 – 0.01
100	0.2 – 0.4	0.07 – 0.1
1000	0.6 – 0.9	0.15 – 0.4
10000	2.2 – 3.5	1.3 – 1.9

Таким образом, полученные нами данные указывают на реальность практического использования библиотеки. Также, становится заметным что учет специфики конечных полей ( $\mathbb{Z}_p$  и  $GF(p^n)$ ) благоприятно отражается на скорости вычислений.

#### Литература

1. Левин Л. А. Односторонние функции // Проблемы передачи информации. 2003. Т. 39. №1. С. 103-117.
2. Росошек С. К. Криптосистемы в группах автоморфизмов групповых колец абелевых групп // Фундаментальная и прикладная математика, 2007, том 13, № 3, с. 157-164.
3. Винберг Э. Б. Курс алгебры. – Новое издание, перераб. и доп. – М.: МЦНМО, 2011 – 592с. ил.
4. Панкратова И. А. Теоретико – числовые методы криптографии. Томск: Томский государственный университет. 2009. 120 с.
5. Василенко О. Н. Теоритико – числовые методы в криптографии. М.: МЦНМО, 2003

#### References

1. Levin L. A. Odnostoronnie funkicii // Problemy peredachi informacii. 2003. T. 39. №1. С. 103-117.
2. Rososhek S. K. Kriptosistemy v gruppah avtomorfizmov gruppovyh kolec abelevykh grupp // Fundamental'naja i prikladnaja matematika, 2007, tom 13, № 3, s. 157-164.
3. Vinberg Je. B. Kurs algebrы. – Novoe izdanie, pererab. i dop. – M.: MCNMO, 2011 – 592s. il.
4. Pankratova I. A. Teoretiko – chislovye metody kriptografii. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet. 2009. 120 s.
5. Vasilenko O. N. Teoritiko – chislovye metody v kriptografii. M.: MCNMO, 2003

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.060

Сахарова Л.В.

Доктор физико-математических наук,

Ростовский государственный экономический университет

### АВТОМОДЕЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИИ, ОСРЕДНЕННОЙ ПО ТОНКОМУ СЛОЮ

Аннотация

Получена экспоненциальная автомодельная замена для задачи тепловой конвекции, осредненной по тонкому слою испаряющейся жидкости. Задача является моделью высыхания невязкой, нетемпературопроводной протяженной капли. Задача сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, получено ее автомодельное решение. Решение соответствует испарению- конденсации пленки жидкости в условиях дренажа линии трехфазного контакта.

**Ключевые слова:** математическая модель, автомодельные решения, капля, испарение-конденсация.

Sakharova L.V.

PhD in Physics and Mathematics,

Rostov State University of Economics

### SIMILAR PROBLEM OF THERMAL CONVECTION, AVERAGED OVER A THIN LAYER

Abstract

We obtain exponential self-similar replacement for the problem of thermal convection, averaged over a thin layer of the evaporating liquid. The problem is a model of dry non-viscous, netemperaturoprovodnoy extended drop. The problem is reduced to a system of ordinary differential equations, obtained its self-similar solution. The solution complies isparenityu-liquid film condensation in a drain three-phase contact line

**Keywords:** mathematical model, similar solutions, drop, evaporation- condensation.

Математическое моделирование механизмов испарения-конденсации капель в настоящее время широко используется в медицинской диагностике [1], фармакологии [2], кристаллографии [3], производстве наноструктур и микроматриц полиграфии [4] и т.д.

Как следствие, в последние годы появилось большое количество моделей, описывающих процессы массопереноса при высыхании капель жидкостей. Одним из наиболее популярных и общеприменимых методов является метод осреднений (аналог уравнений мелкой воды), позволяющий свести трехмерную задачу Навье-Стокса к более простой, двумерной задаче [5], [6]. Несмотря на успешное решение частных физических задач, проблемой подхода в указанных работах, является требование задавать плотность пара на поверхности капли, необходимость во множестве локальных предположений, продиктованных конкретной ситуацией и существенно снижающей общность построенных моделей. Как следствие, в последние годы появилась необходимость в строгом математическом обосновании и развитии метода

осреднений, создании универсальных математических моделей, применимых к широкому классу описываемых явлений испарения-конденсации.

Подобный подход реализован в работе [21], в которой представлен универсальный математический аппарат для исследования процессов тепло- и массопереноса в испаряющихся каплях, построен ряд математически корректных моделей. Наиболее значимой из представленных в [21] является задача тепловой конвекции для описания невязкой и (или) нетемпературопроводной капли:

$$h_t + \operatorname{div}(h^2 s) = -V_0 \varphi; \quad (1)$$

$$s_t - \frac{2}{3} h s \operatorname{div} s + \frac{4}{3} h s \nabla s = 0; \quad (2)$$

$$\varphi_t - \frac{2}{3} h \varphi \operatorname{div} s + \frac{4}{3} h s \nabla \varphi = 0; \quad (3)$$

$$c_t + h s \nabla c = D \Delta c, \quad (4)$$

где  $h$  – переменная во времени высота капли, зависящая от координат;  $s$ ,  $\varphi$  и  $c$  – осредненные по толщине капли скорость массопереноса, тепловой поток и концентрация твердой примеси в капле;  $V_0$  – безразмерный параметр, характеризующий скорость переноса массы через межфазную границу.

Задача (1) – (4) исследована в [21] методом характеристик в сочетании с численными методами, обнаружен ряд особенностей, таких, как опрокидывание профиля капли в процессе испарения. Поэтому интерес представляет получение аналитических решений задачи, в первую очередь, ее автомодельных решений, позволяющих получить о задаче наиболее полную информацию.

В данной работе получены специальный тип автомодельного решения задачи – экспоненциальное автомодельное решение. Примененная автомодельная замена позволила снизить размерность системы уравнений и свести ее к системам ОДУ. Полученные экспоненциальные решения позволяют описывать как конденсацию, так и испарение капли в различных условиях: при высыхании тонкой пленки, распределенной неравномерным слоем между двумя твердыми стенками, и в условиях протекания жидкости через границу трехфазного контакта, что соответствует случаю высыхания капли условиях дренажа границы.

#### Автомодельная замена и преобразование задачи

Рассмотрим одномерную задачу тепловой конвекции, как частный случай (1) – (3), являющийся моделью протяженной капли (бесконечно вытянутой в одном из горизонтальных направлений):

$$h_t + 2hsh_x + h^2 s_x = -V_0 \varphi; \quad (5)$$

$$s_t + \frac{2}{3} h s s_x = 0; \quad (6)$$

$$\varphi_t - \frac{2}{3} h \varphi s_x + \frac{4}{3} h s \varphi_x = 0. \quad (7)$$

Будем разыскивать ее автомодельное решение в следующем виде:

$$h = H(x) \exp(\lambda t), \quad s = S(x) \exp(-\lambda t), \quad \varphi = \Phi(x) \exp(\lambda t), \quad (8)$$

Подстановка (8) в уравнения (5) – (7) понижает их размерность и приводит к системе ОДУ для функций  $H(x)$ ,  $S(x)$ ,  $\Phi(x)$ :

$$\lambda H + 2HSH'_x + H^2 S'_x = -V_0 \Phi; \quad (9)$$

$$\lambda S + \frac{2}{3} HSS'_x = 0; \quad (10)$$

$$\lambda \Phi'_x - \frac{2}{3} H \varphi S'_x + \frac{4}{3} HS \Phi'_x = 0; \quad (11)$$

#### Получение автомодельного решения

Как следует из уравнения (10),  $S'_x = 3\lambda/2H$ , откуда для уравнений (9), (11) получим упрощенную систему ОДУ:

$$\frac{5}{2} \lambda H + 2HSH'_x = -V_0 \Phi; \quad (12)$$

$$\frac{4}{3} HS \Phi'_x = 0; \quad (13)$$

Очевидно, что на основании уравнения  $\Phi = \Phi_0$ , где  $\Phi_0$  есть константа. Выразим функцию  $H$  из уравнения (12) и, после подстановки в (13), получим уравнение с разделяющимися переменными, общее решение которого имеет вид:

$$S = \frac{S_0}{\sqrt[5]{(2,5\lambda H + V_0\Phi_0)^6}}, \quad (14)$$

$S_0$  – константа интегрирования. Подстановка  $S'_x$ , найденной из уравнения (14) в (12), вновь приводит к ОДУ с разделяющимися переменными, после интегрирования которого получим общий интеграл:

$$\frac{2S_0(3\lambda H + V_0\Phi_0)}{\sqrt[5]{(2,5\lambda H + V_0\Phi_0)^6}} = -1,5\lambda x + C, \quad (15)$$

где  $C$  есть константа интегрирования.

Таким образом, учитывая, что  $\Phi = \Phi_0$ , а также уравнения (8), (14), (15), запишем окончательную форму автомодельного решения одномерной задачи (1) - (3) для протяженной капли:

$$h(x,t) = H(x)\exp(\lambda t), \quad \frac{2S_0(3\lambda H + V_0\varphi_0)}{\sqrt[5]{(2,5\lambda H + V_0\varphi_0)^6}} = -1,5\lambda x + C, \quad (16)$$

$$s(x,t) = \frac{S_0\exp(-\lambda t)}{\sqrt[5]{(2,5\lambda H + V_0\varphi_0)^6}}, \quad \varphi = \Phi_0\exp(\lambda t), \quad (17)$$

где  $S_0$ ,  $\Phi_0$ ,  $C$  – константы интегрирования.

Очевидно, что, исходя из физического смысла, для испарения  $\lambda < 0$  (т.е. высота капли уменьшается со временем); соответственно, со временем поток тепла  $\varphi$  также уменьшается, а скорость массопереноса  $s$ , наоборот, увеличивается. Для конденсации  $\lambda > 0$  (т.е. высота капли увеличивается со временем);  $\varphi$  увеличивается, а скорость массопереноса  $s$  уменьшается.

Как следует из (16), точке пересечения графика с осью  $OX$  ( $h = 0$ ) соответствует абсцисса  $x_k = \frac{2}{3\lambda} \left( C - \frac{2S_0}{\lambda\sqrt[5]{V_0\varphi_0}} \right)$ . Возможны два случая.

Если  $x_k < 0$ , то модель описывает жидкость, заполняющую неравномерным слоем пространство от  $x = 0$  до  $x = x_0$  (две твердые стенки). Константы  $C$  и  $S_0$  могут быть определены, например, из задания высоты капли в начальный момент времени  $t = 0$  при  $x = 0$  и  $x = x_0$ .

Если  $x_k > 0$ , то левый край жидкости представляет собой точку трехфазного контакта. Будем считать, что на правом крае области  $x = x_0$  в начальный момент времени определено значение  $h$ . Кроме того, пусть задана константа  $\varphi_0$  в начальный момент времени:  $\varphi(0) = \varphi_0$ . Данные предположения дают два уравнения для определения трех констант  $C$ ,  $\varphi_0$  и  $S_0$ . Существенно, что при  $x_k$  скорость массопереноса в этом случае не обращается в ноль:  $s(x_k) = S_0 / \sqrt[5]{(V_0\varphi_0)^6}$ , что означает протекание жидкости через границу с заданной, экспоненциально возрастающей со временем скоростью:

$$v(t) = s(x_k)\exp(-\lambda t) = \frac{S_0\exp(-\lambda t)}{\sqrt[5]{(V_0\varphi_0)^6}}. \quad (18)$$

Условие (18) позволяет во-первых, задать параметр  $\lambda$ ; во-вторых, получить третье условие для нахождения констант:  $S_0 = s(x_k)\sqrt[5]{(V_0\varphi_0)^6}$ .

**Вывод :** Экспоненциальное автомодельное решение (16)- (17) может быть использовано для описания как испарения, так и конденсации жидкой пленки в двух случаях: 1) если жидкость расположена неравномерным слоем между двумя твердыми стенками; 2) если на левой границе трехфазного контакта имеет место протекание жидкости с экспоненциально заданной скоростью, то есть имеет место дренаж (Рис.1).

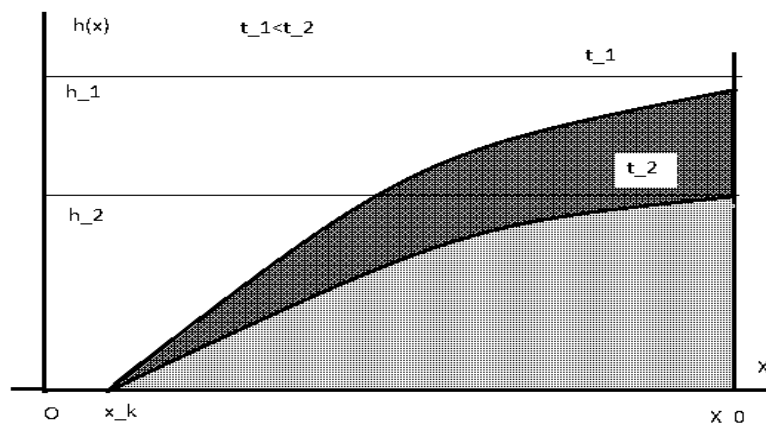


Рис. 1 – Поверхность испаряющейся капли в условиях пиннинга, описываемая решением (16) - (17).

Здесь:  $x_k < 0$  – точка трехфазного контакта;  $x = x_k$  соответствует жесткой стенке, к которой примыкает капля.

### Заключение

Построены два типа автомодельных решений задачи тепловой конвекции, осредненной по тонкому слою высыхающей жидкости: экспоненциальное автомодельное решение и автомодельное решение типа бегущей волны. С помощью подбора констант, соответствующих краевым условиям, построенные автомодельные решения можно применять для моделирования различных практических ситуаций, таких как испарение-конденсация тонкой, неравномерно распределенной пленки между двумя твердыми стенками; испарение-конденсация в условиях фиксированной границы трехфазного контакта, через которую происходит приток-отток жидкости с заданной скоростью; высыхание пленки в условиях внешнего механического воздействия, вызывающего движение жидкости с постоянной скоростью.

### Литература

1. Рapis Е. Белок и жизнь (самосборка и симметрия наноструктур белка). Иерусалим; М.: ЗЛ. Милта-ПКП ГИТ, 2002. 257 с. ионарной и нестационарной математических моделей течений в испаряющейся капле. Компьютерные исследования и моделирование. 2012 Т. 4 № 4 С. 811-825.
2. Ющенко А.А., Даудова А.Д., Аюпова А.К., Урляпова Н.Г., Шатохина С.Н. Способы оценки общетоксического действия лекарственных средств на организм. Пат. РФ 2232387. 2004. Б.И. № 17.
3. Takhistov P., Chang H. Complex Stain Morphologies // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2002. Vol. 41, no. 25. P. 6256-6269.
4. Tarasevich Y. Y., Vodolazskaya I.V., Sakharova L.V. Mathematical modeling of pattern formation caused by drying of colloidal film under a mask. Eur. Phys. J. E (2016) 39: 26 DOI 10.1140/epje/i2016-16026-5.
5. Bhardwaj R., Longtin J.P., Attinger D. A numerical investigation on the influence of liquid properties and interfacial heat transfer during microdroplet deposition onto a glass substrate. International Journal of Heat and Mass Transfer 50 (2007) 2912-2923. P. 2912 - 2923.
6. Maki K. L., Kumar S. Fast Evaporation of Spreading Droplets of Colloidal Suspensions // Langmuir. 2011. Vol. 27, no. 18. P. 11347- 11363.
7. Жуков М.Ю., Ширяева Е.В., Полякова Н.М. Моделирование испарение капли жидкости: монография. Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2015 - 208 с.

### References

1. Rapis E. Belok i zhizn' (samosborka i simmetriya nanostruktur belka). Ierusalim; M.: ZL. Milta-PKP GIT, 2002. 257 s. ionarnej i nestatsionarnej matematicheskikh modelej techenij v isparayushhejsya kaple. Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie. 2012 T. 4 № 4 S. 811-825.
2. YUshhenko A.A., Daudova A.D., Ayupova A.K., Urlyapova N.G., SHatokhina S.N. Spособы otsenki obshhetoksicheskogo dejstviya lekarstvennykh sredstv na organizm. Pat. RF 2232387. 2004. B.I. № 17.
3. Takhistov P., Chang H. Complex Stain Morphologies // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2002. Vol. 41, no. 25. P. 6256-6269.
4. Tarasevich Y. Y., Vodolazskaya I.V., Sakharova L.V. Mathematical modeling of pattern formation caused by drying of colloidal film under a mask. Eur. Phys. J. E (2016) 39: 26 DOI 10.1140/epje/i2016-16026-5.
5. Bhardwaj R., Longtin J.P., Attinger D. A numerical investigation on the influence of liquid properties and interfacial heat transfer during microdroplet deposition onto a glass substrate. International Journal of Heat and Mass Transfer 50 (2007) 2912-2923. P. 2912 - 2923.
6. Maki K. L., Kumar S. Fast Evaporation of Spreading Droplets of Colloidal Suspensions // Langmuir. 2011. Vol. 27, no. 18. P. 11347- 11363.
7. ZHukov M.YU., SHiryayeva E.V., Polyakova N.M. Modelirovanie isparenije kapli zhidkosti: monografiya. YUzhnyj federal'nyj universitet. - Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo YUzhnogo federal'nogo universiteta, 2015 - 208 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.073

Скворцов Г.Е.<sup>1</sup>, Перевозников Е.Н.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,

Санкт-Петербургский государственный университет,

<sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент,

Санкт-Петербургский политехнический университет

**ТЕОРИЯ НЕУСТОЙЧИВОСТИ И КРИТЕРИИ ХАОСА****Аннотация**

Дается краткое содержание теории неустойчивости. Эта физическая теория рассматривает все возможные явления неустойчивости. Ее отдельные части приводились авторами ранее. Здесь дается полное представление о теории. Она состоит из трех основных разделов. Первый раздел содержит основные положения: определение неустойчивости, основные понятия, систему законов и принципов. Второй раздел составляют основные методы получения критериев неустойчивости и хаоса и применения их к модельным задачам. В третьем разделе изучаются модели реальных систем. Далее следуем этой схеме. Наряду с используемыми ранее водится новый метод нелинейного спектра. Примером является модель электронного генератора.

**Ключевые слова:** неустойчивость, хаос, теория неустойчивости, критерии хаоса.

Skvortsov G.E.<sup>1</sup>, Perevostnikov E.N.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Physics and Mathematics, St. Petersburg State University<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics, St. Petersburg polytechnic University**THE THEORY OF INSTABILITY AND CHAOS CRITERIA****Abstract**

We give a summary of the theory of instability. A summary of the theory of instability is given. This physical theory considers all possible phenomena of instability. Here a complete picture of the theory is given. It consists of three main sections. The first section contains the main points: the definition of instability, the basic concepts, the system of laws and principles. The second section constitute the basic methods of obtaining criteria of instability and chaos, and their application to model problems. The third section examines models of real systems. Then we follow this scheme. Along with the previously used is found a new method of non-linear range. An example is the electronic generator model.

**Keywords:** instability, chaos, instability theory, chaos criteria.

1. Теория неустойчивости строится по рациональной схеме ONScMLPPr. ON- основные объекты и понятия теории, Sc- разделы, LP-системы законов и оснащающих принципов, M- основные методы, Pr- проблемы и задачи решаемые теорией.

Основное положение занимает триада LPM. Базой всех методов является сингулярно- динамическая методика (СДМ). Применение ее в конкретном виде позволяет получить достаточно простые аналитические критерии неустойчивости и хаоса. Эти результаты теории применяются для изучения динамических моделей всевозможных систем с целью установления неустойчивых динамических режимов (в том числе взрывные явления, кризисы, катастрофы и т.д.)

Полное определение общей неустойчивости дано в работе /1/, в /2/ рассмотрены динамические модели, которые нельзя изучить традиционными методами, в /3,4/ дается полная схема СД методики и на ее основе получены аналитические критерии хаоса.

В данной статье представляются основные результаты СД- методики, а также формулируется простой и эффективный метод нелинейного спектра (НЛС). При рассмотрении демонстрационной модели показано различие результатов численного определения показателей Ляпунова /5/ и спектрального анализа. Полностью изучена модель электронного генератора с N-образной вольтамперной характеристикой.

2. Приведем ряд законов теории неустойчивости – ТНУ (они подобны законам синергетики описывающих качественные переходы /6/) – законы реакции и законы динамики, основной из которых закон неустойчивости и хаоса.

Все нелинейные системы при достаточной степени активации становятся неустойчивыми и при размерности динамических систем не менее трех и наличии перекрестных связей имеют режимы хаоса.

Этот закон оснащается двумя принципами: принцип активации- активация системы происходит вследствие внешних воздействий или при существенном изменении

параметров системы. Принцип сингулярностей- режимы неустойчивости и хаоса при переходе от регулярных режимов сопровождаются особенностями разного рода (сингулярностями). Виды сингулярностей приведены в работе /1/.

Для количественных оценок показателей определяющих величин (степеней активации, сингулярностей и др.) необходимы универсальные меры, которые определяются законом мер действия: показателем возмущений и реакций систем, режимов динамики, их особенностей являются универсальные величины- меры действия.

Они учитывают внешние и внутренние факторы состояний и динамики систем и имеют общий вид

$$G = g/g_s ; \quad A = a/a_s ; \quad V = \tau d_l A ; \quad L = l d_x A, \quad (1)$$

где A- амплитудные, V- скоростные, L-градиентные меры действия, а –определяющие величины,  $a_s$  -их внутренние аналоги,  $\tau$  и  $l$  - характерные временные и пространственные параметры структуры системы. Меры

действия похожи на параметры подобия и иногда могут совпадать с ними, например число Маха  $M = v/v_s$ ,  $v$  – скорость потока,  $v_s$  – скорость звука в среде.

Проиллюстрируем указанные законы на примере модели электронного генератора с N-образной вольтамперной характеристикой. Его схема и уравнения модели приведены в [5], последние в безразмерной форме имеют вид

$$d_t x = ax + y - bz, \quad d_t y = -x, \quad d_t z = e(x - g(z)). \quad (2)$$

Здесь все величины имеют статус мер действия и выражаются через физические параметры ток-I, напряжение-U, характеристики контура-L,C,R

$$x = I/I_m; \quad y = UI_m/\sqrt{C/L}; \quad z = V/V_m; \quad \tau = t/\sqrt{LC}, \quad (3)$$

$$a = R\sqrt{C/L}; \quad b = (V_m/I_m)\sqrt{C/L}; \quad e = C/bc; \quad (4)$$

$$g = z(14.4z^2 - 22z + 8.6).$$

Где L- индуктивность, C,c – емкости цепи и туннельного диода,  $C \gg c$ ,  $e=5$ .

Общий вид границы устойчивости определяет закон границы качества:

*При достижении воздействием определенной величины  $G_c \approx 1$  система переходит в неустойчивое состояние.*

Принцип границы качества: при переходе к неустойчивости реакция системы  $R(G_c) \approx 1$  приобретает сингулярность, а в случае регулярного перехода имеет экстремум и естественный критерий

$$(dR/dG)_c = 0. \quad (5)$$

Закон аномальности: в режиме неустойчивости реакция системы изменяется на обратную-аномальную, при этом демонстрирует обратную положительную связь

$$(dR/dG) < 0. \quad (6)$$

Закон чередования режимов: с ростом воздействия за интервал аномальности система переходит в новое устойчивое состояние; границей служит минимум  $R(G)$ , при дальнейшем увеличении воздействия она проходит интервал устойчивости и снова переходит в режим НУ.

Такое чередование с увеличением воздействия происходит вплоть до разрушения системы.

Проиллюстрируем законы на примере реакции вида (4)

$$d_z G(z) = 43.2(z^2 - 1.02z + 0.2), \quad (7)$$

при  $z_1=0.265$  – max,  $z_2=0.755$  – min. Здесь имеем один цикл при  $z=1$ ,  $R(1)=1$ .

Все приведенные соотношения относились к стационарным воздействиям и состояниям системы. Закон мер действия для динамики не изменяется. И прочие законы справедливы для динамических режимов, однако метод их применения значительно модифицируется и требует уточнений. Например, для реакции системы вида (4), где  $z$  зависит от времени, получаем

$$d_t R(z) = d_z R \cdot d_t z. \quad (8)$$

Граница перехода к НУ совпадает с (5), а критерий неустойчивого режима противоположен (6).

3. Без потери общности будем демонстрировать законы на примере системы трех уравнений с начальными условиями

$$d_t X = G(X), \quad X(t=0) = X_0, \quad (9)$$

члены с производными темпы, правые части – действия, а соотношение (9) представляет закон темп- действие.

Основной инструмент анализа, следующий из вышеперечисленных законов – сингулярно-динамический метод (СДМ). ОН описан в работе [3] и дополнен обобщением линейного спектрального анализа нелинейным. Основной задачей анализа является получение критериев хаоса. Неустойчивость сопровождающая наступление хаоса определяется обращением в нуль вещественной части одного из корней спектрального уравнения, для системы третьего порядка имеющего вид

$$\lambda^3 + s\lambda^2 + p\lambda + q = 0. \quad (10)$$

Критерий неустойчивости сводится к одному или несколькими условиям

$$s < 0, \quad p < 0, \quad q < 0, \quad K \equiv sp - q < 0. \quad (11)$$

Однако для определения хаоса этого недостаточно, качественным отличием хаоса от простой неустойчивости является наличие в спектре особой точки седло-фокуса. Условие существования такой точки представлено в работе [4] и обобщается в настоящей работе. Согласно физической модели хаоса для него необходимо взаимодействие неустойчивых и устойчивых мод, что равносильно критерию

$$-qK > 0, \quad (12)$$

кроме того это должен быть колебательный режим, условием которого является K-критерий в (11). S-критерий в (11) имеет самостоятельное значение – определяет направление изменения фазового объема

$$S = -\text{div} \vec{G} \quad (13)$$

и таким образом является условием диссипативности системы.

Отметим, в отличие от общепринятой практики в спектральном анализе, линеаризация здесь осуществляется относительно любых состояний а не только стационарных. Это также расширяет возможности предлагаемых методов, так как во многих задачах стационарных состояний не существует.

Для упрощения исследования неустойчивостей приведем еще один достаточно простой и эффективный метод анализа- метод нелинейного спектра (НЛС). Он позволяет избежать линеаризации и сводит динамическую нелинейную задачу к аналитической в рамках СД-метода. Продемонстрируем НЛС метод на модельной задаче Спротта /5/ для выявления режимов хаоса и получения показателей Ляпунова. Уравнения задачи /5/ равны

$$\partial_t x = xy - z, \quad \partial_t y = x - y, \quad \partial_t z = x + 0.3z. \quad (14)$$

Алгоритм метода:

- а) заменяем временную производную в динамических уравнениях на спектральный параметр  $\lambda$ ;
- б) разрешаем алгебраически полученные уравнения относительно динамических переменных  $x, y, z$ ;
- в) определяем значение  $\lambda$  в точках сингулярностей найденных выражений для  $x, y, z$ ;
- г) анализ полученных результатов.

Таким образом, для системы (14) получаем (для переменной  $x$ )

$$x(\lambda - 0.3) = (\lambda^2 - 0.3\lambda + 1)(\lambda + 1). \quad (15)$$

Из нуля правой части (15) (одна из сингулярностей) находим :

$$\lambda_1 = -1, \quad \lambda_{2,3} = 0.15 \pm i\Omega, \quad \Omega \approx 1. \quad (16)$$

Полученный результат совпадает со спектром линеаризованной системы (14) в первом стационарном состоянии  $(x, y, z)_{st} = (0, 0, 0)$  и указывает на хаос, который фактически реализуется /5/.

Представляет интерес сравнить с тем, что дано ранее. Род спектра может быть различным, так как  $\text{div} \vec{G} = y - 0.7$ . В первой стационарной точке  $(x, y, z)_{st} = (0, 0, 0)$  хаос диссипативный, для  $y = 0.7$  – нейтральный, для  $y > 0.7$  – активный. Для СУ (10) и критериев (11) в этом случае получаем:  $s = 0.7$ ,  $p = 0.7$ ,  $q = 1$ ,  $K = -0.51$ . Как и следовало ожидать критерий  $K$  указывает на наличие хаоса. Показатели Ляпунова для этой модели равны /5/ (0.038; 0; -0.89) также говорят о наличии хаоса, но очевидное различие со спектром.

4. Используем для получения критерия хаоса в модели нелинейного генератора (уравнения 2-4) метод линейного спектра. Спектральное уравнение модели имеет вид

$$\lambda^3 + (\varphi - a)\lambda^2 + (b - a\varphi)\lambda + \varphi = 0, \quad (17)$$

$\varphi = e \cdot \partial_z g(z)$ ,  $z$  – в пределах вольтамперной характеристики. Границы значений критерия  $K$  определяются из уравнения для  $\varphi$ ; они равны

$$\varphi_{1,2} = A \pm (A^2 - B)^{1/2}, \quad A = (B - 1)/2a, \quad B = be + 1, \quad (18)$$

Принято  $e = 5$ ,  $a = 0.12 - 0.3$ ,  $b = 0.75 - 0.95$ ; с учетом этих значений для  $\varphi_{1,2}$  получаем более простые зависимости

$$\varphi_1 \cong a[1 + 1/(B - 1)], \quad \varphi_2 = 2A - B/2A. \quad (20)$$

Очевидно

$$K = -a(\varphi - \varphi_1)(\varphi - \varphi_2) \begin{cases} \leq 0 \\ > 0 \end{cases}. \quad (21)$$

Для  $z_s = 0 \Rightarrow \varphi(0) = 43.2$  и условия хаоса выполняются. Важное значение имеет знак  $p$ , который определяют неравенства  $\varphi(z) \begin{cases} > \\ < \end{cases} B/a$ . Из следует, что  $p < 0$  при  $\varphi > \varphi_c = B/a$  и  $p > 0$  при  $\varphi < \varphi_c$ .

Из условий (21) и границы  $p = 0$  видно какой интервал по  $\varphi$  и соответствующих  $z$  не дает хаоса. Картины полос хаоса, полученные из опытов авторами модели генератора /5/, частично согласуются с результатами приведенного здесь анализа.

Заметим, что более полные результаты могут быть получены из приближенных решений спектрального уравнения (17).

В заключение сделаем несколько замечаний по результатам, перспективам и проблемам теории неустойчивости. Содержание предыдущих статей [1–4] и данной в концентрированной форме представляет теорию неустойчивости для временной динамики. Использование метода нелинейного спектра позволяет распространить анализ на полевые системы. Для этого достаточно заменить производные по координатам на спектральный параметр  $ik$  и аналитически выявить и использовать сингулярности для получения критериев неустойчивости и хаоса.

Таким образом, сингулярный динамический подход сводит дифференциальную задачу к аналитической и позволит их изучить и получить критерии.

Очевидно, что переход к системам размерности более трёх заметно осложнит анализ, но не создаст препятствий для его осуществления. Необходимо отметить, что в большей мере решена проблема зависимости НУ и хаоса от



начальных условий. В определенной мере прояснен вопрос о чередовании хаоса посредством определения зависимости критериев от исходной точки анализа спектра. Обратим внимание на возможность перехода от временной динамики в автономных системах к рассмотрению особенностей системы в фазовом пространстве. В нем хаотические режимы весьма сложные в динамике имеют более простых сингулярных представителей. В целом следует оценить возможности развития теории неустойчивости и получения в ней ценных результатов как весьма перспективные. Заметим, что авторы формируют физическую теорию и оставляют для специалистов рассмотрение математических вопросов теории.

#### Литература

1. Перевозников Е.Н., Скворцов Г.Е., Физическая неустойчивость и качественные переходы, *Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji*, v30,2014, p (79-84).
2. Скворцов Г.Е., Перевозников Е.Н., Динамические качественные переходы, *Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji*, Европейская наука XXI века”( Польша, Przemysl май 2014), v31,2014,p(82-84).
3. Скворцов Г.Е., Перевозников Е.Н., Основы общей теории неустойчивости, *Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов*, 2015 № 7,(85-87)с.
4. Скворцов Г.Е., Перевозников Е.Н., Сингулярно-динамические критерии неустойчивости и хаоса, *Международный научно-исследовательский журнал, физико-математические науки*, 2015, №9,ч.3,(91-93).
5. Кузнецов С.П., *Динамический хаос*, М.,2006, 356 с.
6. Скворцов Г.Е., Полищук Е.В., *Основы современной синергетики*, СПб.,2010, 68 с.

#### References

1. Perevoznikov E. N., Skvortsov, G. E., Physical instability and high-quality transitions, *Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji*, v30,2014, p 79-84).
2. Skvortsov, G. E., Perevoznikov E. N., Dynamic high-quality transitions, *Materialy X miedzynarodwej naukow-praktycznej konferencji*, European science XXI century”( Poland, Przemysl may 2014), v31,2014,p 82-84).
3. Skvortsov G. E., Perevoznikov E. N., The General theory of instability, *Journal of scientific publications graduate and doctoral students*, 2015 No. 7,(85-87).
4. Skvortsov, G. E., Perevoznikov E. N., Singular-dynamic criteria instability and chaos, *international research journal of physical and mathematical Sciences*, 2015, No. 9,part 3,(91-93).
5. S. P. Kuznetsov, *Dynamical chaos*, M.,2006, 356 PP.
6. Skvortsov, G. E., Polishchuk E. V., *foundations of modern synergetics*, St. Petersburg,2010, 68

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.113

Юрьева Т.А.<sup>1</sup>, Филимонова А.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат педагогических наук,

<sup>2</sup>кандидат физико-математических наук, доцент,

Амурский государственный университет

#### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ

#### Аннотация

*В статье исследуется возможность применения методов дифференциальной геометрии и вероятностно-статистических методов к моделированию технологического процесса контактного взаимодействия тел. В частности решается задача построения статистической оценки математического ожидания кривизны профиля тела, участвующего в контактном взаимодействии. При этом реальная поверхность моделируется регулярной поверхностью. Решение данной задачи находит применение в изучении процессов механической и физико-технической обработки, в технологии машиностроения.*

**Ключевые слова:** кривизна кривой, кривизна поверхности, плотность вероятности, математическое ожидание.

Yuryeva T.A.<sup>1</sup>, Filimonova A.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Pedagogy, <sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,

The Amur State University

#### GEOMETRIC AND STATISTICAL METHODS IN MODELING OF CONTACT INTERACTION OF BODIES

#### Abstract

*The article explores the possibility of using methods of differential geometry and probabilistic and statistical methods to the modeling process of contact interaction of bodies. In particular, to solve the problem of constructing a statistical estimation of the expectation of the profile curvature of the body involved in contact. At the same time the real surface is simulated a regular surface. The solution to this problem finds application in the study of the processes of mechanical and physical-technical processing in mechanical engineering.*

**Keywords:** the curvature of the curve, the curvature of the surface, the probability density, mathematical expectation.

**В** настоящее время широкое распространение находит совместное применение методов геометрии и математической статистики. Например, язык дифференциальной геометрии используется для описания статистической модели и построения методов обработки данных. В данной работе рассматривается прикладная задача описания реальной поверхности с опорой на геометрию и математическую статистику.

Математическое моделирование реальной поверхности находит широкое применение в технике. В частности, при изучении зависимости различных физических характеристик от геометрии рельефа поверхности.

При построении математической модели исследователи применяют различные подходы к представлению о микрогеометрии поверхности: как о наборе выступов правильной геометрической формы; как о случайном поле; как о фрактальной структуре. В зависимости от выбранного подхода исследователи предлагают свои геометрические параметры, необходимые для моделирования рельефа поверхности.

Так, в исследовании Г.В. Литовки [1], изучавшем контактное взаимодействие тел и опирающемся на теоретико-вероятностный подход, в качестве такого параметра было введено понятие остроты  $L$  рельефа, которая определялась двумя независимыми друг от друга параметрами: кривизной профиля и количеством локальных максимумов профильной кривой на единице длины.

В данной работе мы упростили математическую модель, построенную автором, а именно, положили, что острота  $L$  определяется только кривизной  $k$  профиля кривой, так как гладкая плоская кривая и, как следствие, ее экстремумы полностью определяется своей функцией кривизны [2]. Задачей нашей работы явилось, с одной стороны, определение кривизны  $k$  профиля поверхности тела в целом и, с другой стороны, установление корреляции параметра  $L$  и кривизны профиля.

Будем считать, что поверхность  $F$  тела является замкнутой гомеоморфной сфере  $S^2$  и, по крайней мере, класса гладкости  $C^2$ . Такую поверхность можно задать неявным уравнением  $F(x, y, z) = 0$  в декартовых прямоугольных координатах или уравнением  $\rho = \rho(u, v)$  в сферических координатах, где центр системы координат помещён внутри тела. Принадлежность поверхности  $F$  классу гладкости  $C^2$  означает, что функция, задающая поверхность, является дважды дифференцируемой, то есть имеет непрерывные частные производные второго порядка. В каждой точке  $M$

регулярной поверхности  $F$  существует единственная касательная плоскость  $T_M F$ . Обозначим через  $\vec{n}$  вектор нормали к  $T_M F$  в точке  $M$ . Этот вектор для гладкой поверхности определён однозначно. Линии пересечения поверхности  $F$  плоскостями, проходящими через  $\vec{n}$ , является нормальными сечениями поверхности  $F$  в точке  $M$ .

Так как через точку  $M$  поверхности  $F$  можно провести пучок плоскостей, проходящих через  $\vec{n}$  и провести аналогичные рассуждения относительно всех точек поверхности  $F$ , то получим множество профильных кривых одной поверхности  $F$  тела. Семейство профильных кривых одного тела можно рассматривать как выборку из генеральной совокупности профильных кривых, образованных всеми телами, участвующими в контактном взаимодействии.

Далее считаем, что параметр  $K$  оценивает генеральную совокупность профильных кривых тел, участвующих в контактном взаимодействии. Таким образом, для параметра  $K$  имеем:

$$K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \overline{K_i}, \quad (1)$$

$$K_i = \frac{1}{N'} \sum_{j=1}^{N'} K_{ij}. \quad (2)$$

Здесь  $N$  – количество тел, участвующих в контактном взаимодействии;  $K_i$  – среднее значение кривизны рельефа поверхности  $i$ -ого тела;  $N'$  – совокупное множество профильных кривых, принадлежащих  $i$ -ому телу;  $K_{ij}$  – кривизна рельефа  $j$ -ой профильной кривой  $i$ -ого тела. Пусть  $j$ -ая кривая  $i$ -ого тела является реализацией случайной функции  $\rho_j = \rho_j(\theta) \in C^2$  заданной в полярных координатах.

Принимая за кривизну профиля в точке, кривизну соприкасающейся окружности в этой точке получаем  $E(K) = E\left(\frac{1}{r}\right)$ , где  $r$  – радиус соприкасающейся окружности к профильной кривой  $\rho_j = \rho_j(\theta)$ .

Величины математического ожидания кривизны профиля  $E\left(\frac{1}{r}\right)$  определяется по формуле:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = \int_0^\infty \frac{f(r)}{r} dr, \quad (3)$$

где  $f(r)$  – функция плотности вероятности радиусов кривизны в точках максимумов профильной кривой  $\rho_j = \rho_j(\theta)$ . В свою очередь функция плотности вероятности радиусов кривизны задается выражением:

$$f(r) = \begin{cases} \frac{1}{D(\ddot{\rho}_j)r^3} \exp\left(\frac{-1}{2D(\ddot{\rho}_j)r^2}\right) & \text{при } r \geq 0, \\ 0 & \text{при } r < 0. \end{cases} \quad (4)$$

где  $D(\ddot{\rho}_j)$  – дисперсия второй производной функции  $\rho_j = \rho_j(\theta)$ . После подстановки соотношение (4) в формулу

(3), определим параметр  $E\left(\frac{1}{r}\right)$  в общем виде:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = \int_0^{\infty} \frac{1}{D(\ddot{\rho}_j) r^4} \exp\left[\frac{-1}{2D(\ddot{\rho}_j) r^2}\right] dr. \quad (5)$$

Используя замену  $y = \frac{1}{r}$  и  $dr = -\frac{dy}{y^2}$ , перепишем интеграл (5) в виде:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = \left[\frac{1}{D(\ddot{\rho}_j)}\right] \int_0^{\infty} y^2 \exp\left[\frac{-y^2}{2D(\ddot{\rho}_j)}\right] dy. \quad (6)$$

Воспользуемся табличным интегралом:  $\int_0^{\infty} x^{2n} e^{-2px^2} dx = \frac{(2n-1)!!}{2(2p)^n} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{p}}$ , где  $p > 0$ . Для нашего случая  $n=1$ ,  $p =$

$\frac{1}{2D(\ddot{\rho}_j)}$ . Посредством выполнения несложных преобразований, выражение (6) примет вид:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{1}{2D(\ddot{\rho}_j)} \cdot \frac{D(\ddot{\rho}_j)}{2} \cdot \sqrt{2D(\ddot{\rho}_j)\pi} = \sqrt{\frac{\pi}{2} D(\ddot{\rho}_j)}. \quad (7)$$

В общем случае полученная функциональная зависимость (7) оценивает величину математического ожидания кривизны тел, участвующих в контактном взаимодействии.

Проанализируем формулу (7) для случая контактного взаимодействия моделируемого тела с плоским контртелом.

Рассмотрим случайную функцию  $\rho = \rho(\theta)$ . Примем кривую реализации этой функции, заключённую в интервале  $\Delta\zeta$ , за выборочную функцию  $\zeta(\rho, \theta)$ . Тогда значения выборочной функции  $\zeta(\rho, \theta)$  в интервале  $\Delta\zeta$  можно найти из следующего уравнения  $\rho_j = E(R) \pm \varepsilon_j$ . Здесь  $E(R)$  – математическое ожидание радиуса кривизны средней линии профиля. Радиус кривизны средней линии профиля будет описываться функцией окружности кривизны  $R(r)$ , где  $r$  – радиус соприкасающейся окружности к профильной кривой  $\rho_j$ . Последовательность случайных величин  $\varepsilon_j$

можно определить из годографа вектора  $\vec{\varepsilon}_j$ , который описывает профильную кривую  $\rho_j = \rho_j(\theta)$  тела, участвующего в контактном взаимодействии.

Известно, что дисперсия суммы случайных величин равна сумме их дисперсий. Тогда, дисперсия второй производной функции  $\rho = \rho(\theta)$  может быть записана следующим образом:

$$D(\ddot{\rho}_j) = D(\ddot{R}) + D(\ddot{\varepsilon}_j). \quad (9)$$

В случае контактного взаимодействия моделируемого тела с плоским контртелом, форма контактного участка моделируемого тела является практически шаровым сегментом. То есть функцию окружности кривизны  $R(r)$  можно рассматривать как постоянную величину:  $D(\ddot{R}) = 0$ .

В силу проведенных рассуждений величина математического ожидания кривизны тел, участвующих в контактном взаимодействии запишется в следующем виде:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = \sqrt{\frac{\pi}{2} D(\ddot{\varepsilon}_j)}. \quad (11)$$

В работе [1] последовательность значений  $\varepsilon_j$  описывается нормальной функцией с нулевым средним ( $E(\varepsilon(x)) = 0$ ). Запись  $\varepsilon(x)$  приведена в декартовой системе координат. Случайной функции  $\varepsilon(x)$  соответствует

корреляционная функция  $K_\varepsilon(\tau) = \frac{\sigma_\varepsilon}{1 + \alpha_\varepsilon \tau^2}$ , где  $\sigma_\varepsilon$  – среднее квадратическое отклонение ординат профиля

описываемого годографом вектора  $\vec{\varepsilon}_j$ , т.е. среднее квадратическое отклонение последовательности значений  $\varepsilon_j$  случайных ординат функции  $\varepsilon_j(x)$ ,  $\alpha_\varepsilon$  – параметр, характеризующий чувствительность корреляционной связи между

значениями случайных ординат  $\varepsilon_j$  функции  $\varepsilon_j$ ,  $\tau$  – аргумент, отвечающий шагу корреляции.

Воспользуемся аналогичными рассуждениями, для возможности сопоставления результатов. Известно, что  $D(\varepsilon_j) = K_{\varepsilon}^{(4)}(0)$ , где  $K_{\varepsilon}^{(4)}(0)$  – четвертая производная функции  $K_{\varepsilon}^{(4)}(\tau)$ , при  $\tau = 0$ .  $K_{\varepsilon}^{(4)}(\tau) = 24\alpha_{\varepsilon}^2 \sigma_{\varepsilon}^2$ . Подставляя данное выражение в (11), получим:

$$E\left(\frac{1}{r}\right) = 2\sqrt{3\pi}\alpha_{\varepsilon}\sigma_{\varepsilon}. \quad (12)$$

Выражение (12) является расчётной формулой для математического ожидания кривизны профиля тела, участвующего в контактном взаимодействии.

Сравнивая, полученный результат, с введенным Литовкой Г.В., параметром – остротой  $L$  и его выражением через  $\alpha_{\varepsilon}$ ,  $\sigma_{\varepsilon}$ , заключаем, что параметр  $L$  и математическое ожидание кривизны профиля тела, участвующего в контактном взаимодействии  $E\left(\frac{1}{r}\right)$  пропорциональны.

Таким образом, находит подтверждение наше предположение, о том, что острота  $L$  определяется только кривизной  $k$  профиля кривой.

#### Литература

1. Литовка Г.В., Маничева Т.А., Филимонова А.П. О косвенной оценке режущих свойств абразивных гранул при виброабразивной обработке // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2002. – № 17. – С. 29-30.

2. Филимонова А.П., Юрьева Т.А. Линеаризация как метод доказательства единственности решения для некоторого класса нелинейных дифференциальных уравнений на сфере // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2016. – № 73. – С. 25-28.

#### References

1. Litovka G.V., Manicheva T.A., Filimonova A.P. O kosvennoj ocenke rezhushhih svoystv abrazivnyh granul pri vibroabrazivnoj obrabotke // Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye i jekonomicheskie nauki. – 2002. – № 17. – S. 29-30.

2. Filimonova A.P., Yuryeva T.A. Linearizacija kak metod dokazatel'stva edinstvennosti reshenija dlja nekotorigo klassa nelinejnyh differencial'nyh uravnenij na sfere // Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye i jekonomicheskie nauki. – 2016. – № 73. – S. 25-28.

### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMISTRY

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.038

**Бордина Г.Е.<sup>1</sup>, Лопина Н.П.<sup>2</sup>, Некрасова Е.Г.<sup>3</sup>, Бууева А.И.<sup>4</sup>, Майорова Е.И.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат биологических наук, доцент, <sup>2</sup>кандидат химических наук, доцент, <sup>3</sup>кандидат медицинских наук, доцент, <sup>4,5</sup>студенты 2 курса фармацевтического факультета, ГБОУ ВПО Тверской государственной медицинской академии Минздрава России, г. Тверь, Россия

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ**

#### **Аннотация**

*Эфирные масла обладают множеством полезных свойств, поэтому пользуются большим спросом на международном рынке. Многие производители идут на ухищрения, чтобы увеличить выпуск конечной продукции. Проблема фальсификации на сегодняшний день особенно актуальна. Пользование фальсифицированными эфирными маслами неблагоприятно сказывается на здоровье.*

*Сегодня общество переживает небывалый всплеск интереса к альтернативной и народной медицине. Значение эфирных масел возрастает, когда резко ухудшается психологическая атмосфера, экологическая ситуация и геомагнитная обстановка.*

**Ключевые слова:** эфирные масла, качество, альтернативная медицина.

**Bordina G.E.<sup>1</sup>, Lopina N.P.<sup>2</sup>, Nekrasova E.G.<sup>3</sup>, Buueva A.I.<sup>4</sup>, Maierova E.I.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Biology, <sup>2</sup>PhD in Chemistry, <sup>3</sup>MD, <sup>4,5</sup>2nd year students of Faculty of Pharmacy, Medical University Tver State Medical Academy of Ministry of Health of Russia, Tver, Russia

#### **DEFINITION OF QUALITY OF ESSENTIAL OILS**

#### **Abstract**

*Essential oils have many beneficial properties, so are in great demand in the international market. Many manufacturers go to lengths to increase the production of the final product. The problem of falsification of today is particularly relevant. Use of counterfeit essential oils adversely affects the health.*

*Today's society is experiencing an unprecedented surge of interest in alternative and traditional medicine. The value of essential oils increases when worsens psychological atmosphere, the ecological situation and geomagnetic conditions.*

**Keywords:** essential oils, quality, alternative medicine.

**Цель исследования:** определить качество образцов эфирных масел, представленных на фармацевтическом рынке.

**Для достижения данной цели поставлены задачи:**

1. Определить в эфирных маслах различные примеси органического и неорганического происхождения экспериментальными методами.
2. Определить органолептические и физико-химические свойства эфирных масел.
3. Выявить образцы эфирного масла, не соответствующие требованиям стандарта на данную продукцию.

**Материалы и методы:** исследовано 9 образцов эфирных масел (лаванды, жасмина, сладкого апельсина, пихты, гвоздики, семян брокколи, жожоба и нероли, бей, тмина черного (кумина); для исследования использовались: пробирки, пипетки, стеклянные палочки, воронка, фильтровальная бумага, листы бумаги, колбы, цилиндры, водяная баня, спиртовка.

Проводилось тестирование масел на наличие: воды, жирных и минеральных масел и других примесей; оценивались органолептические свойства и индивидуальная чувствительность к исследуемым маслам.

Таблица 1

Эфирное масло	Производитель
Лаванда	ООО «Натуральные масла», Россия
Жасмин	ООО «Мирола», Россия
Апельсин сладкий	ООО «Натуральные масла», Россия
Пихта	ООО «Натуральные масла», Россия
Гвоздика	ООО ТД «СиНаМ», Россия
Семян брокколи	ООО «Спивак», Россия (страна производства – Германия)
Жожоба и нероли	ООО «Спивак», Россия (страна производства – Нидерланды)
Бей	ООО «Спивак», Россия (страна производства – Германия)
Кумин	ООО «Спивак», Россия (страна производства – Индия)

Таблица 2 – Сводная таблица проведенных тестов

	На жирные и минеральные масла	На синтетические эфиры	Наличие воды	На смолы и растительные масла	Индивидуальная чувствительность
Сладкий апельсин	-	+	-	+	-
Гвоздика	+	-	-	+	+
Жасмин	+	+	-	-	+
Лаванда	-	+	-	+	-
Пихта	+	-	-	+	-
Жожоба и нероли	+	+	-	-	+
Бей	-	+	-	+	+
Семян брокколи	+	+	-	-	+
Тмин черный	+	+	-	-	+

+ наличие данного вещества в масле/отсутствие аллергических реакций

- отсутствие данного вещества в масле/наличие аллергических реакций

### Результаты

**Опыт 1.** Тест на наличие жирных и минеральных масел

Реактивы: исследуемые масла, 80% этиловый спирт.

Оборудование: пробирки.

Ход работы: в пробирку наливают 10 мл этанола и добавляют 1 мл масла. Пробирку тщательно взбалтывают.

Результат: масло лаванды и масло бей дают помутнения. Масло сладкого апельсина – жирные капли. Это говорит о наличии жирных и минеральных масел в данных образцах.

**Опыт 2.** Тест на синтетические эфиры шавелевой, янтарной, лимонной, лауриновой, фталевой кислот.

Реактивы: исследуемые масла, 10% раствор NaOH в абсолютном спирте (NaOH, 80% этанол, CuSO<sub>4</sub>)

Оборудование: пробирки, бюксы с притертой крышкой, колба, воронка, фильтровальная бумажка, водяная баня.

Ход работы: 1. Получение абсолютного спирта. Для этого наливают в колбу 80% этанол и прибавляют к нему  $\text{CuSO}_4$ . Наблюдают образование кристаллогидратов. Затем наливают раствор в другую колбу через воронку с фильтровальной бумажкой. Получившийся раствор – абсолютный спирт – наливают в бюксы с притертыми крышками.

2. Получение 10% раствора NaOH в абсолютном спирте. В полученный абсолютный спирт добавляют NaOH, соблюдая пропорцию.

3. В пробирки наливают 10 капель масла и прибавляют 3 капли полученного раствора и держат в течение 2 минут на кипящей водяной бане. Затем охлаждают и наблюдают результат.

Результат: в пробирках с маслом пихты и маслом гвоздики выпал осадок. Это свидетельствует о наличии примесей.

### **Опыт 3.** Тест на наличие воды

Реактивы: исследуемые масла.

Оборудование: пробирки, водяная баня.

Ход работы: в пробирку помещают 1 мл эфирного масла и нагревают на водяной бане.

Результат: у всех пробирок запотели стенки, что говорит о наличии воды.

### **Опыт 6.** Тест на наличие смол и растительных масел

Реактивы: исследуемые масла.

Оборудование: листы бумаги.

Ход работы: на белый лист бумаги наносят каплю масла и оставляют до полного испарения.

Результат: масла жасмина, жожоба и нероли, семян брокколи, тмина черного оставили на бумаге жирное пятно. Это свидетельствует о наличии смол и растительных масел.

### **Опыт 5.** Тест на натуральность

Реактивы: исследуемые масла.

Оборудование: листы бумаги.

Ход работы: на 3 листочка бумаги наносят каплю масла с интервалом в 20-30 минут

Результат: Берут 3 листочка бумаги и на каждый наносят немного масла с интервалом 20-30 мин. Каждый листок должен пахнуть по-разному. Однако, практически во всех образцах каждый последующий листок отличался только интенсивностью запаха, а не его качественным изменением.

### **Опыт 7.** Тест на индивидуальную чувствительность

Реактивы: исследуемые масла, жирное масло.

Ход работы: Разводят в 1 мл жирного масла 1 каплю эфирного масла и наносят на запястье 1-2 капли смеси. Наблюдают за состоянием кожи в течение суток.

Результат: опыт провели на 4 добровольцах. Покраснение кожных покровов вызвало масло сладкого апельсина и лаванды, зуд-масло пихты и лаванды.

### **Опыт 4.** Цвет и прозрачность

Реактивы: исследуемые масла

Оборудование: пробирки из прозрачного бесцветного стекла.

Ход работы: в пробирку помещают эфирное масло и наблюдают в проходящем свете.

Результат: Цвет эфирных масел варьирует от золотистого до темно-оранжевого. Прозрачными оказались эфирные масла лаванды, пихты, бея и семян брокколи.

### **Опыт 8.** Определение растворимости

Реактивы: исследуемые масла, этанол.

Оборудование: мерный цилиндр, бюретка

Ход работы: В мерный цилиндр вместимостью 10 мл наливают 1 мл масла и постепенно приливают из бюретки при тщательном взбалтывании по 0,1 мл спирта при 20 °С. До полного растворения.

Результат: для полного растворения меньше всего этанола прилили к маслу лаванды (0,7 мл), а больше всего потребовалось маслу жожоба и нероли (6,2 мл). Следовательно, наименьшей растворимостью из данного ряда эфирных масел обладают масла жожоба и нероли.

### **Выводы:**

1. В некоторых образцах эфирных масел обнаружены различные по происхождению примеси (жирные и минеральные масла, вода, синтетические эфиры органических кислот, смолы и растительные масла) Все образцы масел в той или иной степени разбавлены водой.

2. Определены некоторые органолептические и физико-химические свойства масел: цвет, прозрачность, растворимость, взаимодействие со спиртами и др.

3. Проведен тест на индивидуальную чувствительность, выявлены следующие аллергические реакции: покраснение и зуд кожи.

4. Наиболее низкими качествами по результатам проведенных исследований обладают масла сладкого апельсина, пихты и лаванды.

Ароматерапия играет большую роль в оздоровлении человека, и все запахи эфирных масел способствуют регулятивной и адаптогенной способностью на субклеточном, органном, тканевом, системном и организменном уровне, действуя на обменные процессы организма. Качество эфирных масел, используемых в лечебных целях, имеет очень большое значение. К сожалению, эфирные масла легко фальсифицировать. Такие масла, возможно, будут отвечать требованиям парфюмерного производства, но врач или любой человек, который собирается использовать масла для оздоровления, должен быть уверен в том, что они используют натуральный продукт. Даже масло, на котором написано, что оно чистое, может иметь низкое качество и, соответственно, меньшую лечебную ценность. К

сожалению, в ароматерапии сегодня не существует никаких жестких стандартов по которым, мы можем сами отличить настоящее масло от подделки.

#### Литература

1. Бикмурзин Н. И. Натуральные растительные и эфирные масла для дыхания, питания и здоровья, 2003.
2. Бобков Ю. Г., Бабаян Э. А., Машковский М. Д., Обоймакова А. Н., Булаев В. М., Гуськова Л. С., Лепяхин В. К., Любимов Б. И., Натрадзе А. Г., Соколов С. Д., Тенцова А. И. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ФАРМАКОПЕЯ СССР Одиннадцатое издание от 25.12.84 г. N 1455
3. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии, 1999.
4. Пекли Ф. Ф. Ароматология. – М.: Медицина, 2001.-288 с.
5. Солдатченко С. С., Кашченко Г. Ф., Головкин В. А., Гладышев В. В. Профилактика и лечение заболеваний эфирными маслами, 2003.190 с.

#### References

1. Bikmurzin N. I. Natural vegetable oils and essential oils for breathing, nutrition and health, 2003.
2. Bobkov Y. G., Babayan E. A., Mashkovskii M. D., Oboymakova A. N. Bulaev V. M., Guskov L. S. Lepahin V. K., Lyubimov B. I., Natradze A. G., Sokolov S. D., Tentsova A. I. State Pharmacopoeia of the USSR eleventh edition of 25.12.84, N 1455
3. Voitkevich S. A.. Essential oils for perfumes and aromatherapy 1999.
4. Baked F. F. Aromatologiya. - M.: Medicine, 2001.-288 with.
5. Soldatchenko S. S., Kashchenko G. F., Golovkin V. A., Gladyshev V. V. Prevention and treatment of essential oils, 2003.190 with.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.186

Сайкина О.Ю.<sup>1</sup>, Юрасова О.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Бакалавр, <sup>2</sup>кандидат технических наук,  
АО «Гиредмет»,

Работа выполнена в рамках соглашения с Минобрнауки РФ №14.579.21.0049 от 26.08.2014г., имеющего  
уникальный идентификатор RFMEFI57914X0049.

### СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА

#### Аннотация

Рассмотрен метод сорбционного извлечения лантаноидов в процессе сернокислотной переработки фосфогипса. В качестве сорбента использован сильнокислотный катионит марки КУ-2. Исследовано влияние времени контакта, кислотности и соотношения фаз на процесс ионного обмена. Установлено, что сорбцию из технологических растворов с pH=0,5 оптимально проводить в течении 1,5-2 часов при соотношении Ж:Т не более 5:1. В указанных условиях степень извлечения РЗМ составляет 77,9%. Рассмотрен способ интенсификации процесса извлечения РЗМ в фазу катионита, заключающийся в объединении стадий выщелачивания фосфогипса и сорбции.

**Ключевые слова:** ионный обмен, фосфогипс, редкоземельные элементы, сорбция, серная кислота.

Saykina O.Yu.<sup>1</sup>, Yurasova O.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bachelor, <sup>2</sup>PhD in Engineering,  
JSC «Giredmet»

### SORPTION OF RARE EARTH ELEMENTS FROM SULFURIC ACID MEDIUMS IN THE PROCESSING OF PHOSPHOGYPSUM

#### Abstract

The method of sorption extraction of lanthanides in the course of vitriolic processing phosphogypsum. Cation exchange resin KU-2 is used as sorbent. Influence of contact time, pH and phase ratio on the ion exchange process is investigated. It is established that sorption from technological solutions at pH = 0.5 optimally conduct during 1.5-2 hours at the ratio of liq:sol is not more than 5:1. Under these conditions, the degree of extraction of rare-earth metals is 77.9%. The way of intensification of the extraction process, which consists in combining stages phosphogypsum leaching and sorption, is investigated.

**Keywords:** ion exchange, phosphogypsum, rare earth elements, sorption, sulfuric acid.

Большую часть сырьевой базы редкоземельных металлов России составляют комплексные руды с низким содержанием лантаноидов. В связи с чем, весьма актуальна проблема поиска эффективных методов их попутного извлечения при переработке редкоземельного сырья. Среди альтернативных источников РЗМ наибольший интерес представляет апатит Кольского полуострова. Ежегодно из него производится около 8 млн. т апатитового концентрата, содержащего до 1% РЗМ. Таким образом, из недр добывается около 80 тыс. т РЗМ [1].

Целевой продукт передела апатитового концентрата - фосфорная кислота. Однако, кроме нее, образуется твердый отход - фосфогипс. В результате кислотного разложения апатита, происходит перераспределение РЗМ между фосфорной кислотой и фосфогипсом. В последнем остается до 85% РЗМ, содержащихся в исходном сырье [2]. Таким образом, фосфогипс становится важным и весьма перспективным вторичным источником лантаноидов. Кроме того, его переработка интересна с точки зрения получения строительного гипса.

Описано множество методов переработки фосфогипса [3,4,5]. Все они объединены общим подходом: сырье подвергают промывке растворами минеральной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) или соли ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), а за тем из жидкой фазы выделяют концентрат РЗМ путем осаждения гидроксидов, двойных сульфатов или карбонатов.

Предпочтительно проведение сернокислотной переработки фосфогипса. Во-первых, в виду малой растворимости сульфата кальция в избытке  $\text{SO}_4^{2-}$ , что позволяет достигать высоких степеней извлечения РЗМ в раствор; во-вторых, из-за доступности серной кислоты, так как она используется на начальном этапе переработки апатитового концентрата; в-третьих, исключается внесение дополнительных примесей, благодаря чему возможно получение качественного гипса.

Получение РЗМ при комплексной переработке фосфатного сырья характеризуется двумя основными трудностями: необходимостью концентрирования РЗМ из сильно разбавленных растворов и необходимостью очистки концентрата от катионных примесей. Для решения этих проблем рядом исследователей было предложено использовать ионообменный метод выделения лантаноидов. Эффективность данного способа подтверждают ряд работ [6,7] и практические результаты Российских организаций ИХТЦ «Русредмет» и АО «ФосАгро-Череповец». Более того, выбранный способ обладает рядом преимуществ: простотой аппаратного оформления, экономичностью и экологичностью.

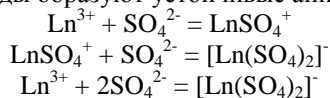
В литературе описаны различные способы осуществления сорбции в рассматриваемом технологическом процессе: из разбавленных сульфатных растворов выщелачивания фосфогипса или из сернокислотной пульпы фосфогипса. Согласно данным, представленным в работе [5], при проведении сорбции из пульпы, то есть одновременно с выщелачиванием, потери РЗМ составляют до 32%. Данные о потерях при сорбции из разбавленных растворов несущественно отличаются, и составляют не более 30% [3]. В настоящей работе рассмотрены оба способа осуществления сорбционного извлечения РЗМ в процессе переработки фосфогипса.

В качестве сорбента был выбран сильнокислотный сульфокатионит российского производства марки КУ-2, показавший высокую эффективность при сорбции металлов из сильноокислых сред [6,7]. Известно об успехах его применения в процессе извлечения РЗМ из неупаренной фосфорной кислоты [8]. Фосфогипс для экспериментов был предоставлен ОАО «Воскресенские минеральные удобрения». Основу РЗМ в исследуемом сырье составляют элементы цериевой подгруппы, но также содержатся элементы дефицитной иттриевой подгруппы, востребованной в области инновационных технологий. Их относительное содержание в сырье составляет около 3% от суммы лантаноидов.

Как правило, сорбцию из растворов осуществляют в динамическом режиме, но для более подробного изучения был выбран статический режим. Он позволяет дифференцировать параметры и изучить отдельно влияние каждого из них на процесс. Среди основных условий были выделены: соотношение фаз, кислотность и время контакта. Состав исследуемых растворов анализировали титриметрическим методом, а также методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной плазмой на приборе ICAP 6300 JY-38 фирмы Thermo Fisher Scientific, (США) ЦКП АО «Гиредмет».

На первом этапе исследований было изучено влияние кислотности среды на селективность сорбционного извлечения РЗМ из растворов. В виду того, что при обработке фосфогипса в раствор выщелачивания кроме лантаноидов переходят ионы кальция и железа, был проведен ряд экспериментов на модельных растворах, содержащих сумму  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Y}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в количестве 67,5 ммоль/л (из расчета 3,38 ммоль металлов на 1г катионита) при равном относительном содержании элементов. Концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  варьировали от 0,25М до 0,75М.

Полученные результаты показали, что в выбранном диапазоне концентраций  $\text{H}_2\text{SO}_4$  емкость катионита по неодиму выше, чем по иттрию. Коэффициент разделения в этом случае невелик и составляет 1,1-1,2. Следует отметить, что при концентрации кислоты менее 0,5М катионит избирателен к РЗМ в присутствии железа и кальция, а при повышении содержания  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до 0,75М катионные примеси сорбируются почти одинаково: коэффициент разделения иттрия и кальция составляет 1,28, а иттрия и железа - 1,17. Полученные результаты можно объяснить снижением концентрации свободных ионов  $\text{Ln}^{3+}$  и их катионных комплексов  $\text{LnSO}_4^+$ . Согласно литературным данным [9] при концентрации  $\text{SO}_4^{2-} > 0,2\text{М}$  лантаноиды образуют устойчивые анионные комплексы состава  $[\text{Ln}(\text{SO}_4)_2]^-$ .



Причем эти комплексы настолько устойчивы, что иттрий в избытке сульфат-аниона не осаждается  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ .

Затем была исследована сорбция из технологического раствора РЗМ приготовленного путем обработки навески фосфогипса раствором серной кислоты в реакторе с мешалкой при следующих условиях: концентрация  $\text{H}_2\text{SO}_4$  70 г/л, Ж:Т = 1:2,5, t = 20-25°C. В результате был получен очень разбавленный раствор с общим содержанием РЗМ не более 11 ммоль/л. Его состав представлен в таблице 1:

Таблица 1 – Состав раствора, полученного при обработке фосфогипса раствором серной кислоты

Элемент	Концентрации	
	Me, ммоль/л	$\text{Me}_x\text{O}_y$ , г/л
Ce	3,0	0,49
Y	<0,1	<0,01
La	1,2	0,20
Nd	0,9	0,15
Ca	16,0	0,92
Fe	3,6	0,29



С целью увеличения содержания металлов раствор упаривали. Было замечено, что со временем в концентрированном растворе образуется трудно растворимый осадок. Это явление можно объяснить метастабильностью сульфатных растворов лантаноидов. Связанность ионов  $\text{Ln}^{3+}$  с сульфат-ионом изменяется в зависимости от температуры и наличия других компонентов в растворе согласно уравнению

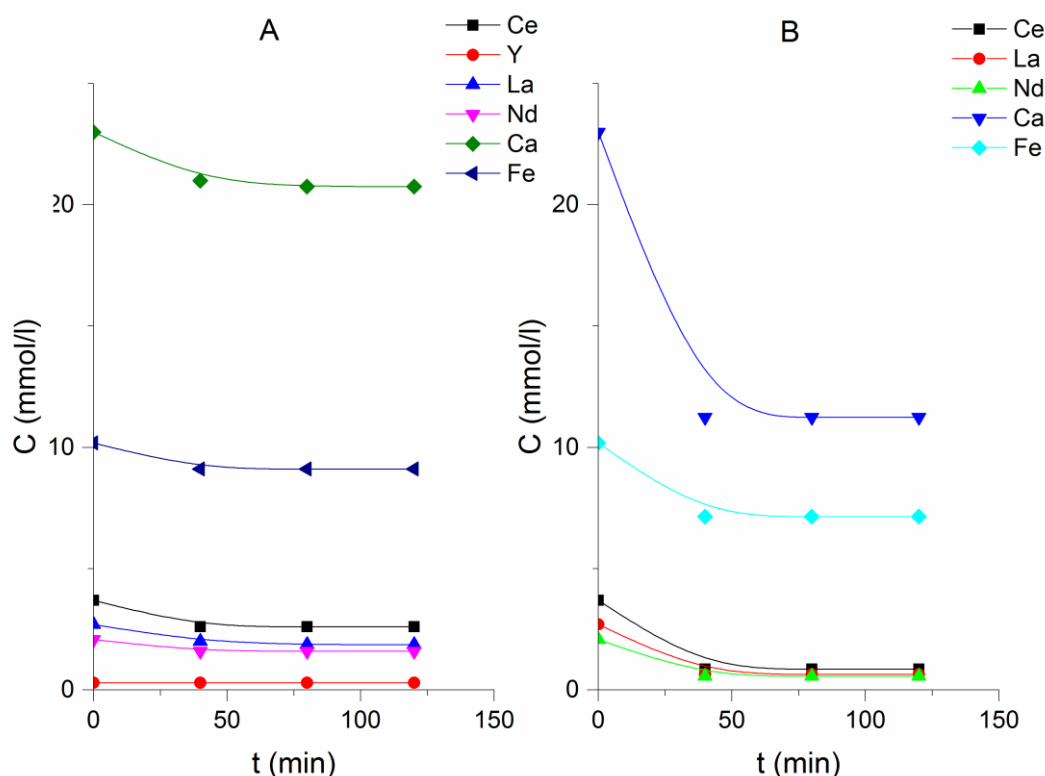
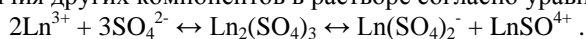


Рис. 1 – Изменение концентрации металлов в жидкой фазе при сорбции из раствора выщелачивания фосфогипса с  $\text{pH}=0,5$  при соотношении фаз А - Ж:Т=50:1 и В – Ж:Т=5:1.

Разбавленный раствор с  $\text{pH}=0,5$  контактировали с ионитом при различных соотношениях фаз: Ж:Т=50:1 и Ж:Т=5:1. Как показал эксперимент, Ж:Т=50:1 очень велико. Сорбция в этом случае проходит в течение первых 40 минут контакта, но степень извлечения РЗМ при этом не превышает 30%. Увеличение количества ионита на порядок повышает степень извлечения суммы РЗМ в твердую фазу до 77,9%. Влияние Ж:Т на массообменный процесс между раствором и ионитом отражено на рисунке 1.

В целях интенсификации процесса извлечения лантаноидов было предложено объединить стадии кислотного выщелачивания фосфогипса и сорбции. Такое решение позволяет не только существенно сократить временные рамки процесса, а также уменьшить расход технологических растворов для промывки пульпы и ионита.

При приготовлении пульпы концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  варьировали в диапазоне 0,3-0,75 моль/л. Раствор кислоты и фосфогипс брали в соотношении 2,5:1 в связи с тем, что при увеличении Ж:Т растет расход кислоты, а при уменьшении – существенно возрастает вязкость пульпы. Пульпу перемешивали в течение часа и затем вносили навеску катионита. Результаты проведенного эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Условия и результаты эксперимента по сорбции РЗМ из пульпы

Содержание РЗМ в исходном сырье, масс. %	Условия сорбции		Характеристика состава нерастворимого осадка, масс. %	
	Конц. кислоты, М	Соотношение сырье:сорбент	Σ РЗМ	Иттрий
ΣРЗМ – 0,42 Y – 0,0122	0,30	3:1	0,0722	0,0018
	0,48	3:1	0,0777	0,0018
	0,75	3:1	0,0806	0,0019

Полученные данные демонстрируют, что при выбранных условиях можно достичь степеней извлечения не ниже 80% для суммы РЗМ и не менее 85% для иттрия. Такой эффект достигается за счет того, что растворенные РЗМ переходят в фазу ионита и не успевают повторно осажаться в виде двойных сульфатов. Эксперимент также показал, что равновесие в процессе сорбции из пульпы устанавливается значительно медленнее, чем при сорбции из раствора, за 3-3,5 часа. Предположительно, это связано с протеканием ионного обмена в режиме пленочной кинетики. Большое

количество твердых частиц гипса, обуславливает высокую вязкость реакционной массы, что приводит к снижению скорости движения раствора относительно поверхности зерен ионита. Это вызывает увеличение эффективной толщины диффузионного слоя  $\delta$ , которая обратно пропорциональна величине потока ионов из объема реакционной массы к поверхности зерна ионита:

$$i = \frac{D}{\delta} (C^0 - C')$$

где  $D$  – коэффициент диффузии ионов в растворе,  $\delta$  – эффективная толщина диффузионного слоя,  $C^0$  – концентрация ионов в объеме раствора,  $C'$  – концентрация ионов на границе с ионитом.

#### Выводы:

1. Установлено, что кислотность среды влияет на селективность сорбции: увеличение концентрации  $H_2SO_4$  от 0,25М до 0,75М приводит к снижению селективности процесса относительно РЗМ и повышению сорбируемости железа и кальция.
2. Сделано заключение о том, что степень сорбционного извлечения РЗМ из сульфатных растворов в фазу ионита обратно пропорциональна соотношению количеств раствора и ионита.
3. Сделан вывод о том, что время наступления сорбционного равновесия зависит от состава системы: равновесие между ионитом и раствором наступает значительно раньше, чем между ионитом и пульпой.
4. Установлено, что при сорбционном извлечении РЗМ в процессе сернокислотной переработки фосфогипса в присутствии катионита КУ-2 достигаются высокие технико-экономические показатели: извлечение по сумме РЗМ и иттрию составляет не ниже 80% и 85% соответственно.

#### Литература

1. Черемисина О.В. Технология попутного извлечения редкоземельных металлов из продуктов переработки апатитового концентрата / О.В. Черемисина, Т.Е. Литвинова // Мат. Научно-технической конференции «Инновации северо-запада». – СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. – С. 19-24.
2. Тареева О.А. Разработка сернокислотной технологии извлечения редкоземельных металлов из фосфополугидрата // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Апатиты. – 2012. – 157с.
3. Пат. 2520877. Способ переработки фосфогипса для производства концентрата редкоземельных металлов и гипса / Фокин К.С., Нестерова Е.О.; заявл. 28.01.2013; опубл. 27.06.2014, Бюл. №18.
4. Пат. 2416654. Способ извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса / Зоц Н.В., Глуценко Ю.Г., Шестаков С.В.; заявл. 10.11.2009; опубл. 20.04.2011, Бюл. №11.
5. Пат. 2473708. Способ извлечения редкоземельных элементов из фосфогипса / Рычков В.Н., Кириллов Е.В., Смирнов А.Л. и др.; заявл. 09.08.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. №3.
6. Локшин Э.П. Получение концентрата из сульфокатионитов, насыщенных редкоземельными металлами из сернокислых растворов выщелачивания фосфогипса. / Э.П. Локшин, О.А. Тареева, И.Р. Елизарова // Химическая технология. – 2014. – №12. – С.738-745.
7. Папкина М.В. Сорбционное извлечение лантана, иттрия иттербия из растворов минеральных кислот сульфокатионитом КУ-2. // М.В. Папкина, Т.В. Конькова, А.И. Михайличенко и др. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2015. – Т.15 – Вып. 4 – С.280-287.
8. Артамонов А.В. Исследование илнообменного извлечения РЗМ из экстракционной фосфорной кислоты. / А.В. Артамонов // Мат. Всероссийской научно-практической конференции «Череповецкие научные чтения». – 2012. – Ч.3 – С.13-14.
9. Laila A. Guirguis Solvent leaching of total rare earth elements from phosphate rocks from Abu-Tartur plateau. Int. Journal of advanced research, 2014, V.2., №2. pp. 467-479.
10. Podbiera-Matysik K., Gorazda K., Wzorek Z. Potencial management of waste phosphogypsum with particular focus on recovery of rare earth metals. Polish Journal of Chem. Tech., 2015, V.17, №1, pp. 55-61.

#### References

1. Cheremisina O.V. Tehnologija poputnogo izvlechenija redkozemel'nyh metallov iz produktov pererabotki apatitovogo koncentrata / O.V. Cheremisina, T.E. Litvinova // Мат. Nauchno-tehnicheskoy konferencii «Innovacii severo-zapada». – СПб.: Izdatel'stvo SPbGJeTU «LJeTI», 2014. – С. 19-24.
2. Tareeva O.A. Razrabotka sernokislotnoj tehnologii izvlechenija redkozemel'nyh metallov iz fosfopolugidrata // Dissertacija na soiskanie stepeni kandidata tehniceskikh nauk. – Apatity. – 2012. – 157s.
3. Pat. 2520877. Sposob pererabotki fosfogipsa dlja proizvodstva koncentrata redkozemel'nyh metallov i gipsa / Fokin K.S., Nesterova E.O.; zjavl. 28.01.2013; opubl. 27.06.2014, Bjul. №18.
4. Pat. 2416654. Sposob izvlechenija redkozemel'nyh jelementov iz fosfogipsa / Zoc N.V., Glushhenko Ju.G., Shestakov S.V.; zjavl. 10.11.2009; opubl. 20.04.2011, Bjul. №11.
5. Pat. 2473708. Sposob izvlechenija redkozemel'nyh jelementov iz fosfogipsa / Rychkov V.N., Kirillov E.V., Smirnov A.L. i dr.; zjavl. 09.08.2011; opubl. 27.01.2013, Bjul. №3.
6. Lokshin JeP. Poluchenie koncentrata iz sul'fokationitov, nasyshennyh redkozemel'nyimi metallami iz sernokislyh rastvorov vyshhelachivaniya fosfogipsa. / Je.P. Lokshin, O.A. Tareeva, I.R. Elizarova // Himicheskaja tehnologija. – 2014. – №12. – С.738-745.
7. Papkova M.V. Sorbcionnoe izvlechenie lantana, ittrija itterbija iz rastvorov mineral'nyh kislot sul'fokationitom KU-2. // M.V. Papkova, T.V. Kon'kova, A.I. Mihajlichenko i dr. // Sorbcionnye i hromatograficheskie processy. – 2015. – Т.15 – Vyp. 4 – С.280-287.

8. Artamonov A.V. Issledovanie ilnoobmennogo izvlecheniya RZM iz jekstrakcionnoj fosfornoj kisloty. / A.V. Artamonov // Mat. Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Cherepoveckie nauchnye chtenija». – 2012. – Ch.3 – S.13-14.
9. Laila A. Guirguis Solvent leaching of total rare earth elements from phosphate rocks from Abu-Tartur plateau. Int. Journal of advanced research, 2014, V.2., №2. pp. 467-479.
10. Podbiera-Matysik K., Gorazda K., Wzorek Z. Potencial management of waste phosphogypsum with particular focus on recovery of rare earth metals. Polish Journal of Chem. Tech., 2015, V.17, №1, pp. 55-61.

## **ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ / GEOLOGY AND MINERALOGY**

**DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.100**

**Криночкина О.К.<sup>1</sup>, Стулов В.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кандидат геолого-минералогических наук, доцент,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,

<sup>2</sup>специалист, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

### **УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Аннотация*

*В статье рассмотрены представления авторов о том, как с помощью математической статистики и ГИС-технологий, применяя современные методы обработки геохимических данных и анализируя инженерно-геологические условия территорий горно-промышленных комплексов возможно избежать необоснованных платежей за негативное воздействие на окружающую среду. Приводится пример появления на территории горнопромышленных комплексов высоких концентраций токсичных элементов в поверхностных и подземных водах, связанных с выходом на дневную поверхность рудопроявлений молибдена, которые раньше были перекрыты четвертичными отложениями. Снос соединений молибдена стал причиной его попадания в поверхностные, а затем и подземные воды.*

**Ключевые слова:** природная геохимическая опасность, горнопромышленные комплексы, токсичные элементы, мониторинг, хвостохранилище.

**Krinochkina O.K.<sup>1</sup>, Stulov V.G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>PhD in Geology and Mineralogy, associate professor,

National research Moscow State University of Civil Engineering,

<sup>2</sup>specialist, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

### **FACTORING NATURAL GEOCHEMICAL DANGER OF TERRITORIES INTO ASSESSMENT OF NEGATIVE IMPACT OF MINING COMPLEXES ON THE ENVIRONMENT**

*Abstract*

*The paper gives recommendations in regards to methods of mathematical statistics and GIS-technologies, application of up-to-date technologies of processing geochemical data that allow avoiding unreasonable payments (damage) for harmful environmental impact. We have considered an example of how at the territories of mining complexes high concentrations of toxic elements appear in open and subterranean waters due to occurrence of molybdenum that comes out to the daylight surface and that used to be blocked by quaternary deposits. Removal of molybdenum compounds has become the reason for getting into open and subterranean waters.*

**Keywords:** natural geochemical danger, mining complex, toxic elements, tailing dump.

Объекты горнопромышленных комплексов (ГПК) располагаются, как известно, на территориях, непосредственно прилегающих к местам разработки полезных ископаемых. Это – обогатительные фабрики (ОФ), хвосто- и шламохранилища и т.д. Их эксплуатация предусматривает создание сети экологического мониторинга и его ведение в пределах горного отвода добывающих и перерабатывающих комплексов и в зоне их воздействия на окружающую среду (ОС). Программа экологического мониторинга (ЭМ) включает обязательное ведение режимных наблюдений за концентрацией токсичных элементов, и их соединений. Последние обычно значительно превышают предельно-допустимые концентрации (ПДК) во многих компонентах природной окружающей среды. Как правило, это – химические элементы, входящие в состав руд, добываемых и перерабатываемых ГПК, а так же химические реагенты, используемые при их обогащении. И вот тут чрезвычайно важно выявить составляющую именно природной и рудогенной геохимической опасности, возникающую за счет природного же обогащения химическими рудными элементами подземных и поверхностных вод, почв и донных отложений. Для этого необходимо учитывать значение природного геохимического фона. Нормирование полученных при ЭМ показателей (концентрацией химических элементов) на местный геохимический фон как раз и позволяет учитывать колебания концентраций именно загрязняющих веществ[1].

Как известно, существуют определенные геохимические провинции, где из-за природных особенностей повышены значения концентраций химических элементов в различных компонентах ландшафта. Например, сухие степи на солонцах и солончаках Алтайского края имеют тенденцию к накоплению – Co, Sr, Mo и Sc, в Северной Осетии в большинстве изученных элементов ландшафтов наблюдается накопление As, Tl, Cu, Zn, Pb, Ba, Mn, B, Li и т.д. [2]. В пределах же ГПК преобладают аномальные геохимические поля (АГП) элементов рудогенного

происхождения. Они проявляют себя в той, или иной степени интенсивности, как правило, во всех геологических средах. Безусловно, наиболее показательно их проявления в депонирующих средах и особенно в донных отложениях.

Довольно часто в процессе эксплуатации горно-промышленных комплексов в составе компонентов окружающей среды появляются химические элементы, не входящие в состав типоморфных ассоциаций рудных месторождений. Причины могут быть различными. Чаще всего так проявляются техногенно-обусловленные геохимические аномалии. Их отличает высокая интенсивность и комплексность. При этом ассоциация элементов в ряду их накопления и выноса не отвечает, как правило, рудно-формационной принадлежности разрабатываемых месторождений. Кроме того, техногенные аномальные геохимические поля имеют, обычно, низкий уровень корреляции химических элементов в почвенном профиле.

Так, например, в зоне влияния хвостохранилища действующей апатит-нефелиновой обогатительной фабрики ОАО «Апатит» Мурманской области в подземных и поверхностных водах, донных отложениях и почвах при мониторинге вышеупомянутых сред стали фиксироваться повышенные концентрации Мо. При картировании прилегающей к ГПК территории, были выявлены рудопроявления этого элемента. До начала эксплуатации Кукисвумчорского апатит-нефелинового месторождения выходы рудопроявлений молибдена находились гипсометрически выше и были бронированы четвертичными отложениями. Со временем произошло их оползание, коренные породы обнажились и начали разрушаться [3]. При плоскостном смыве и в результате других геологических процессов, в основном, гравитационного характера соединения молибдена попали в донные осадки, а это, при их критическом накоплении способствовало вторичному загрязнению поверхностных вод, что весьма характерно для районов деятельности ГПК, где в донных осадках зачастую накапливаются надкритические концентрации рудных элементов [4].

В результате Мо оказался в числе элементов-загрязнителей, за сверхнормативный сброс которого предприятие вынуждено увеличить платежи за негативное воздействие на окружающую среду.

Для дифференциации природных и техногенных аномалий химических элементов авторами был предложен ряд инструментов [5], одним из которых является процедура нормирования концентраций химических элементов в горизонте почв В к горизонту - почв А. Затем создаются Карты распределения соотношений концентраций элементов в горизонтах В/А. Поскольку в почвах горизонта В накапливаются, как правило, рудные элементы, а в почвенном горизонте А – техногенно-обусловленные, подобная процедура позволяет выявить природное накопление (обогащенность) почв отдельными химическими элементами. На рисунке приведена такая карта для молибдена.

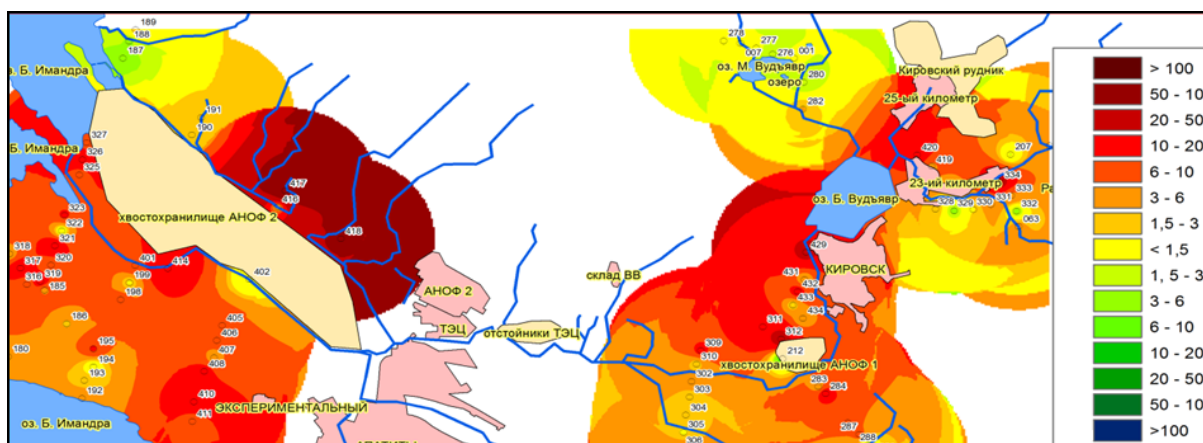


Рис. 1 – Карта распределения соотношений концентраций молибдена в горизонтах почв В и А

Данная карта показывает распределения соотношений концентраций молибдена в горизонтах почв В и А и позволяет локализовать аномалию молибдена рудогенного генезиса. Последний постулат подтверждается и тем, что в пределах тех же контуров локализуются АГП и элементов-спутников молибдена (As, Ag, Zn Cu, Sb, W и ряда редкоземельных элементов).

Кроме того, для обоснования рудогенного генезиса ряда АГП в зоне влияния ГПК «Апатит», который занимается как добычей, так и обогащением апатит-нефелинового сырья, авторами был проведен факторный анализ (ФА). Для этого в пределах деятельности вышеупомянутого ГПК были отобраны пробы почв. Затем, по результатам масс-спектрометрического анализа ICP-MS был проведен ФА, выполненный методом главных компонент. Этот метод, как известно, наиболее удобен для "сжатия" информации с целью выявления обобщенных характеристик изучаемой природы, или явления. Его основным условием является в то, что главные компоненты независимы, а их число равно числу исходных признаков.

В результате проведения факторного анализа были выявлены две биполярные ассоциации химических элементов, одна из которых включает Р и редкоземельные элементы (Ho, Er, Dy, Tb и другие), а вторая ассоциация (Mn, Fe, Mo, As, Cd и некоторые другие) объединяет элементы, которые накапливаются в почвах в зоне загрязнения и связана, очевидно, с переработкой руд. Причем распределение ассоциации первого ряда элементов показывает, что они находятся в зоне добычи, а вторая ассоциация проявляемая в зоне транспортировки и обогащения руд, т.е. природа ее является техногенной.

Таким образом, учет местного геохимического фона, использование методов математической статистики, а так же применение современных технологий обработки геохимических данных позволяет избежать необоснованно

завышенных платежей за негативное воздействие на окружающую среду, если оно обусловлено проявлениями токсичных элементов природного генезиса на территории объектов горно-промышленных комплексов.

Конечно, при этом необходимо еще доказать, что оползни произошли не в результате подрезания склонов в процессе строительства хвостохранилища апатит-нефелиновой обогатительной фабрики второй очереди (АНОФ-2), и не при сейсмическом воздействии от взрывов на карьерах Кировского рудника или других техногенных процессов. Однако этим предположениям есть ряд контраргументов, а именно: строительство хвостохранилища АНОФ-2 и переход на подземный способ добычи (а, следовательно, значительное уменьшение сейсмической нагрузки на ОС) произошли задолго до активизации вышеописанных оползней. С другой стороны, постепенное увеличение атмосферных осадков по данным Хибинской метеостанции происходит год от года и эта тенденция (изменение климата в сторону его увлажнения), происходит повсеместно, особенно в горных и предгорных районах [6]. А, как известно, активизации оползней в значительной мере способствует переувлажнение склонов и, особенно крутых склонов, имеющих в основании глины, или суглинки. И именно, в основном, такими породами представлены моренные отложения, перекрывавшие, хоть и незначительным по мощности чехлом коренные породы склона. Таким образом, активизация оползня вероятнее всего связана с природными явлениями и не является техногенно-обусловленной.

### Литература

1. Вдовина О.К., Лаврусевич А.А., Высокинская Р.В., Евграфова И.М., Полякова К.С. Роль геохимического фона при оценке инвестиционной привлекательности рекреационных территорий // Вестник МГСУ. 2014. № 8. С. 98-106.
2. Вдовина О.К., Малинина Е.Н., Попова А.Н. Экологическая роль геохимического фона // Журнал «Разведка и охрана недр», г. Москва, ФГУП ВИМС (№7, 2012). С. 61-63.
3. Познанин В.Л., Вдовина О.К., Миронов Н.А. Теоретические основания пространственной дифференциации геологической среды для построения картографических моделей экзогенных геологических процессов // Журнал «Инженерная геология», май, 2006. С. 17-22.
4. Вдовина О.К. Оценка специфических факторов эколого-геологического риска при освоении территорий // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. № 3, 2008
5. Вдовина О.К., Лаврусевич А.А., Грачева М.К. Дифференциация природных и техногенных геохимических полей в зоне влияния горнорудных комплексов// в сб. Геоэкологические проблемы современности Сборник докладов VII Международной научной конференции, 2015. С. 52-59.
6. Лурье П.М., Панов В.Д. и др. Опасные гидрометеорологические явления на Северном Кавказе. // Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий». – М.: 2007, с. 263-264

### References

1. Vdovina O.K., Lavrusevich A.A., Vysokinskaja R.V., Evgrafova I.M., Poljakova K.S. Rol' geohimicheskogo fona pri otsenke investitsionnoj privlekatel'nosti rekreatsionnyh territorij // Vestnik MGSU. 2014. № 8. S. 98-106.
2. Vdovina O.K., Malinina E.N., Popova A.N. `Ekologicheskaja rol' geohimicheskogo fona // Zhurnal «Razvedka i ohrana nedr», g. Moskva, FGUP VIMS (№7, 2012). S. 61-63.
3. Poznanin V.L., Vdovina O.K., Mironov N.A. Teoreticheskie osnovanija prostranstvennoj differentsiatsii geologicheskoy sredy dlja postroenija kartograficheskikh modelej `ekzogennyh geologicheskikh protsessov // Zhurnal «Inzhenernaja geologija», maj, 2006. S. 17-22.
4. Vdovina O.K. Otsenka spetsificheskikh faktorov `ekologo-geologicheskogo riska pri osvoenii territorij // Bjulleten' Moskovskogo obschestva ispytatelej prirody. Otdel geologicheskij. № 3, 2008
5. Vdovina O.K., Lavrusevich A.A., Gracheva M.K. Differentsiatsija prirodnyh i tehnogennyh geohimicheskikh polej v zone vlijaniya gornorudnyh kompleksov// v sb. Geo`ekologicheskije problemy sovremennosti Sbornik dokladov VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii., 2015. S. 52-59.
6. Lur'e P.M., Panov V.D. i dr. Opasnye gidrometeorologicheskie yavleniya na Severnom Kavkaze. // Materialy VI Mezhdunarodnoj konferencii «Innovacionnye tekhnologii dlya ustojchivogo razvitiya gornyh territorij». – M.: 2007, s. 263-264



DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.178

Мамедов В.И.<sup>1</sup>, Макарова М.А.<sup>2</sup>, Корреа Гомеш Ж.<sup>3</sup>, Чаусов А.А.<sup>4</sup>, Оконов Е.А.<sup>5</sup>, Лопухин М.В.<sup>6</sup><sup>1</sup>Кандидат геолого-минералогических наук, Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова;<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-3176-6386, Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-9998-1835, Российский университет дружбы народов;<sup>4,5</sup>GEOPROSPECTS, <sup>6</sup>ORCID: 0000-0003-4302-3301, GEOPROSPECTS**ОСОБЕННОСТИ БОКСИТОНОСНЫХ ЛАТЕРИТНЫХ ПОКРОВОВ РАЙОНА САНГАРЕДИ (ГВИНЕЙСКАЯ РЕСПУБЛИКА)****Аннотация**

В статье рассмотрены условия и особенности формирования и распространения разнообразных по составу, строению и генезису бокситоносных латеритных покровов (Гвинейская Республика). Впервые выявлены и описаны слаболатеритизированные среднемиоценовые отложения серии Сангареди, претерпевшие вынос железа и ресилификацию – переотложенный водноосадочный материнский субстрат. Показано, что в отличие от классических бокситоносных покровов по коренному материнскому субстрату высококачественные осадочно-латеритные бокситы образовались за счет латеритизации эпигенетически измененных (обеленных) в глеевой обстановке отложений серии Сангареди. Вынос железа (обеление) также из подстилающих серию Сангареди коренных пород и перераспределение алюминия в профиле выветривания обусловили образование высококачественных инфильтрационно-метасоматических бокситов пространственно и генетически связанных с осадочно-латеритными покровами. Приведена литолого-генетическая классификация бокситов и сопутствующих пород.

**Ключевые слова:** аллювиально-озерные отложения серии Сангареди, бокситоносные латеритные покровы, бокситы классические, инфильтрационно-метасоматические бокситы, осадочно латеритные бокситы.

Mamedov V.I.<sup>1</sup>, Makarova M.A.<sup>2</sup>, Korrea Gomesh G.<sup>3</sup>, Chausov A.A.<sup>4</sup>, Okonov E.A.<sup>5</sup>, Lopukhin M.V.<sup>6</sup><sup>1</sup>PhD in Geology and Mineralogy, Lomonosov Moscow State University,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-3176-6386, Lomonosov Moscow State University,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-9998-1835 People's Friendship University of Russia;<sup>4,5</sup>GEOPROSPECTS, <sup>6</sup>ORCID: 0000-0003-4302-3301, GEOPROSPECTS.**BAUXITE-BEARING LATERITIC COVERS OF SANDAREDI AREA, REPUBLIC OF GUINEA****Abstract**

The paper concerns the formation conditions and the distribution of compositionally and genetically various bauxite-bearing lateritic covers (Republic of Guinea). The slightly lateritized deposits of middle Miocene Sangaredi Group, subjected to iron loss and resiliification and representing the parent substratum substance redeposited in the aqueous environment, have been first revealed and described. It is shown that, unlike bauxite-bearing classic lateritic covers formed on the initial parent substratum, high-grade sedimentary-lateritic bauxites represent the laterization products of Sangaredi Group epigenetically altered (bleached) in the glei geochemical environment. Subjacent rocks of the Sangaredi Group were also subjected to iron loss (bleaching), and, in combination with aluminum redistribution over the weathering profile, this resulted in formation of high-grade infiltration-metasomatic bauxites spatially and genetically related to the sedimentary-lateritic covers. There is a lithological-genetic classification of bauxites and associated rocks presented in the paper.

**Keywords:** alluvial-lacustrine deposits of Sangaredi Group, bauxite-bearing lateritic covers, classic lateritic bauxites, infiltration-metasomatic bauxites, sedimentary-lateritic bauxites.

Крупнейшая в мире бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго расположена более чем на 95% на территории Гвинейской Республики. Условно выделяемый нами район Сангареди в Гвинее находится на северо-западе страны, охватывая часть левобережья бассейна среднего-верхнего течения р. Когона (рис. 1).



Рис. 1 – Обзорная карта Гвинейской Республики

На схеме бокситоносности (рис. 2) фигурирует более 20 месторождений бокситов, среди которых участвуют порядка 10 месторождений, в пределах которых откартированы и разведаны тела бокситов уникального высокого качества.

В пределах большинства рудных районов провинции Фута Джалон-Мандинго подавляющая часть бокситов обязана формированию латеритных кор выветривания по коренным существенно глинистым (алевро-аргиллитам)

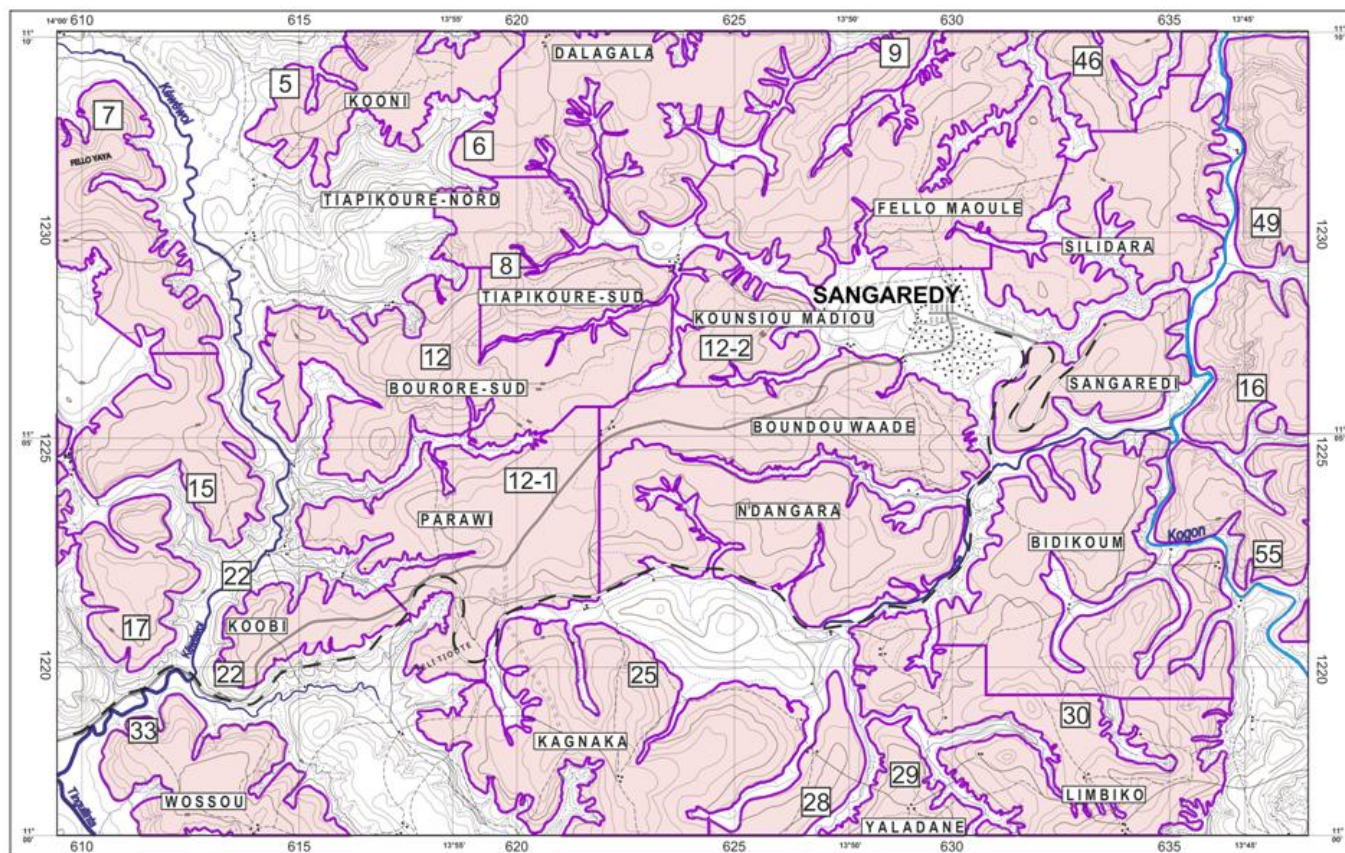


Рис. 2 – Карта бокситоносности района месторождения Сангареди

палеозойским (девон и силур) и докембрийским породам и интрузирующим их силлов и даек долеритов и конга-диабазов мезозойской трапповой формации. В рассматриваемом районе значительная часть бокситовых тел образовались по водноосадочным аллювиально-озерным отложениям серии Сангареди.

На фоне в целом близких климатических и геоморфологических условий различия в строении и составе материнского субстрата обусловили очень существенные различия литолого-генетических типов бокситов и самих латеритных покровов.

Краткая характеристика геологического строения

Рассматриваемая территория приурочена к приосевой части синклинали Бове, сложенной палеозойскими осадочными отложениями ордовика, силура и девона и основными магматическими породами мезозойской трапповой формации (рис. 3). На всей территории развиты только отложения девона и долериты и конга-диабазы мезозоя.

Девонские осадочные отложения свиты Фаро (Dfr) представлены преимущественно алевритами и аргиллитами с прослоями мелкозернистых песчаников. Существенно глинистые отложения девона интродуцированы преимущественно силлами (иногда дайками) долеритов и конга-диабазов. В районе закартировано 3-4 яруса силлов мощностью преимущественно от 2-4 м до 10-20 м. Отдельными участками алвро-аргиллиты девона ороговикованны с появлением в их составе кордиерита и перекристаллизацией матрицы. Данные о минералого-петрографическом и химическом составе этих пород приведены также в таблице 1.

Субгоризонтальные залегания коренных девонских пород осложнены характерными для платформенного чехла пологими мутьдообразными синклиналями и валлообразными антиклиналями – складками коробления.



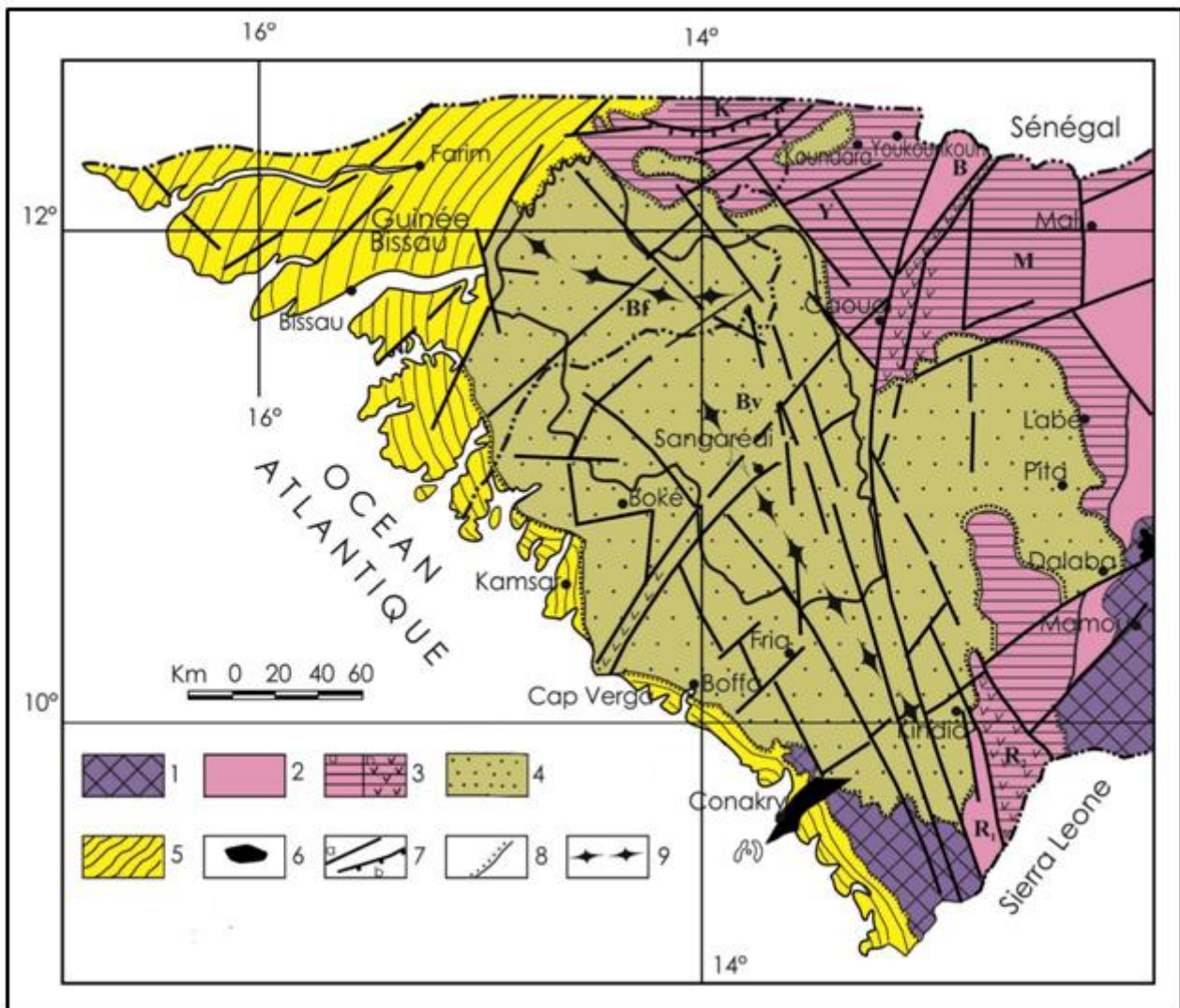


Рис. 3 – Тектоническая схема Гвинеи Биссау и западной части Гвинейской Республики

1 – архейский и раннепротерозойский фундамент платформы; 2-3 позднепротерозойская Мавритано-Сенегальская складчатая система: 2 – антиклинальные зоны, выступы (К – Кулунту; В – Бассари; R – Рокел; Y – Юкункун; М – Мали), 3: а) терригенные и карбонатные породы; б) вулканогенные породы; 4 – платформенный чехол Гвинейской синеклизы, верхний ярус – палеозойский (песчаники ордовика и граптолитовые сланцы силура, алевролиты, аргиллиты и песчаники девона, интродуцированные силлами и дайками долеритов и конга-диабазов мезозойской трапповой формации в ядре синклиналей: Bv – Бове; Bf – Бафата; 5 – Сенегало - Гвинейская мезозойско-кайнозойская переокееаническая впадина; 6 – мезозойские ультраосновные породы; 7 – тектонические нарушения: а) разломы; б) надвиг Кулунту; 8 – контакты с угловым несогласием; 9 – оси синклиналей Бове и Бафата.

Размеры этих складок имеют разный порядок: от первых километров и сотен метров в поперечнике до первых метров и даже десятков сантиметров.

Разрывные нарушения можно разделить на две основные группы, различающиеся по ориентировке и возрасту заложения.



Таблица 1 – Характеристика основных литологических типов коренных пород

Характеристика пород	Свита Фаро				Мезозойская трапповая формация
Литологические типы пород	Песчаники	Алевриты	Аргиллиты	Орговикированные породы	Долериты и конгидиабазы
Цвет	серый, серо-зеленый	серый, темно-серый, серо-зеленый	серый до темно-серого и черного	темно-серый, черный	серый, серо-зеленый
Структура	мелко и тонкозернистая	алевритовая	пелитовая	роговиковая	долеритовая, офитовая, микропегматитовая
Текстура	массивная и слоистая	слоистая и тонкослоистая	тонкослоистая, слоистая, массивная	массивная	массивная
Отдельность	плитчатая и крупноплитчатая	плитчатая и тонкоплитчатая	тонкоплитчатая и листоватая	плитчатая и блоковая	крупноблоковая, скорлуповатая
Минералогический состав пород					
Породообразующие минералы (%)	кварц (70-90); полевой шпат (5%); мусковит и биотит (в сумме 10-15)	кварц (45-60); серицит (15-25); хлорит (10-20); глинистое тонкодисперсное вещество (<15)	глинистое тонкодисперсное вещество (45-55); серицит (20-30); хлорит (20-25); кварц (5-20)	серицит (30-45); хлорит (20-35); кварц (10-25); плагиоклаз (3-5); кордиерит (2-10); мусковит и биотит (1-5)	плагиоклаз (50-60); пироксен (30-45); калиевый полевой шпат (2-5); кварц (1-6); биотит (0-5)
Прочие минералы	циркон, лейкоксен, ильменит, рутил, турмалин,	турмалин, рутил, ильменит, циркон	рутил, циркон	рутил, циркон, турмалин	магнетит, ильменит
Химический состав пород					
SiO <sub>2</sub>	91,56	59,80	64,57	60,91	51,21
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,96	1,26	1,04	1,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,05	22,27	20,20	18,93	15,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,63	6,97	6,20	4,73	1,48
CaO	0,30	0,22	0,17	0,50	9,91
MgO	0,12	1,14	1,30	1,54	6,41
MnO	0,01	0,05	0,03	0,04	0,16
Na <sub>2</sub> O	0,10	0,81	0,39	1,12	2,04
K <sub>2</sub> O	0,22	3,51	2,64	4,21	0,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06	0,10	0,05	0,20	0,19
H <sub>2</sub> O -	0,19	1,56		0,50	0,80
H <sub>2</sub> O +	0,43	2,56		2,53	2,45
ппп	0,26	2,91	2,44	0,58	1,27
Сумма	100,01	98,74	99,25	99,92	99,59

Наиболее древние разломы имеют север – северо-западное направление (параллельное контуру континента в этой части Африки) с оперяющими их трещинами от субмеридионального до северо – западного простирания.

Их заложение по-видимому относится к раннему докембрию. Эти направления структур характерны для отложений архея на юге побережья Гвинеи (рис. 3).

Более молодые разломы северо-западного и субширотного направлений следует относить к раннемезозойскому заложению как продолжение на континентальную часть трансформенных структур впадины Атлантического океана. Два сближенных крупных разлома этого типа прослеживаются от мыса Верга в районе месторождений Сангареди. При этом вдоль этих разломов в сторону побережья увеличивается степень ороговикования вплоть до кордиеритовых и силлиманит-кордиеритовых кристаллических сланцев по существенно глинистым породам и до кварцитов по песчаникам ордовика.

Но главной геологической особенностью данного района, в связи с анализом особенностей бокситов, является наличие сохранившихся континентальных аллювиально-озерных отложений серии Сангареди.

В рассматриваемом районе в результате геологического картирования и разведки месторождений было выявлено около 190 сохранившихся тел отложений серии Сангареди (рис. 4). Размеры этих тел от десятков метров до первых километров по удлинению. Наиболее крупное тело (рис. 5) было известно на месторождении Сангареди, по названию которого получила наименование сама серия водноосадочных отложений.

Практически повсеместно отложения этой серии превращены в бокситы. Однако, унаследованные текстурно-структурные признаки континентальных отложений серии Сангареди позволяют определить их исходный литологический состав и фациальную принадлежность. В основном это аллювиальные (галечники и гравийно-песчаные отложения) и озерные (пески, илы и глины) отложения.

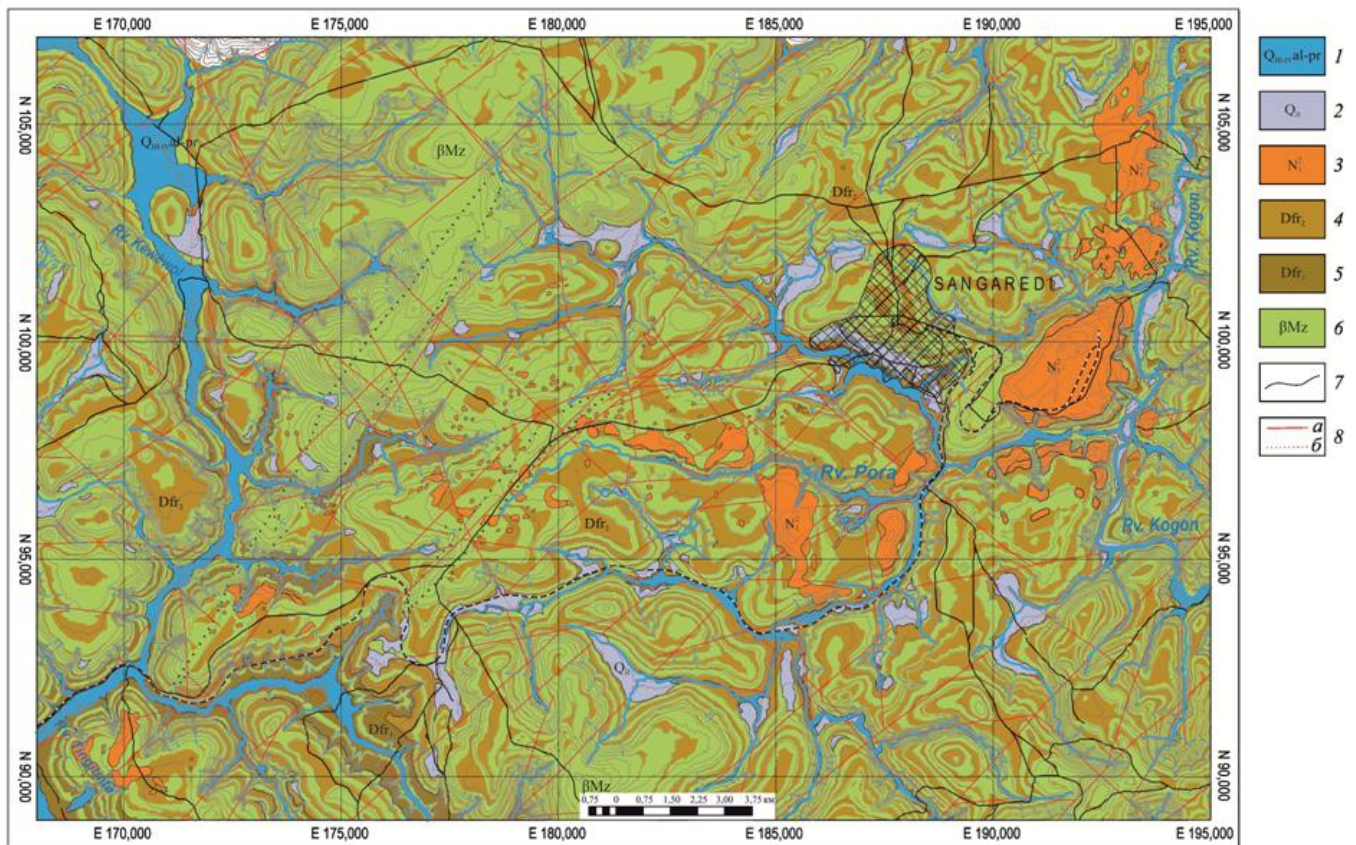


Рис. 4 – Геологическая карта района месторождений группы Сангареди

1 – позднелайстоцен-голоценовые аллювиально-пролювиальные отложения современных долин; 2 – среднелайстоценовые аллювиально-пролювиальные отложения I-II террас; 3 – среднелиоценовые аллювиально-озерные отложения, серия Сангареди; 4-5 девонские отложения: 4 – верхняя пачка: алевро-аргиллиты и аргиллиты с прослоями олевролитов и мелко-зернистых песчаников; 5 – нижняя пачка: мелко-зернистые песчаники, алевролиты с прослоями алевро-аргиллитов и аргиллитов; 6 – долериты и конга-диабазы мезозойской трапповой формации; 7 – Границы геологические; 8 – разломы и зоны трещиноватости: а – наблюдаемые, б – предполагаемые.

Сохранившиеся тела отложений этой серии закартированы в современном рельефе от +135 метров (русловые галечники ПалеоКогона (рис. 5с)) до абсолютных отметок + 248 метров. Выше до отметок + 260 – 270 метров на поверхности бовалей района встречается спроецированная галька бокситов из отложений серии Сангареди. И, что особенно важно, на этих уровнях рельефа широко развиты гелеморфные и сильногелефицированные бокситы, которые образуются только под бокситизированными отложениями этой серии. Можно утверждать, что до высот + 260 - +270 метров в современных отметках, предшествующий рельеф был погребен под аллювиально-озерными отложениями серии Сангареди.

Методом корреляции геоморфологических уровней рельефа плато Фута Джалон с последовательностью накопления, литологическим и фациальным составом осадков в сопряженной периокеанической Сенегало-Гвинейской впадине, было установлено [1], что отложения серии Сангареди накопились в  $N_1^2$  и что ими была сложена обширная аллювиально-озерная равнина (рис. 6).

На фоне неотектонического этапа подъема (рис. 6а) и активного размыва, начавшегося во второй половине эоцена, в  $N_1^2$  произошла инверсия. Опускание базиса эрозии сменилось на его подъем, что привело к накоплению мощной толщи континентальных водноосадочных отложений (рис. 6б), которыми были перекрыты нижние ступени предсреднелиоценового рельефа.



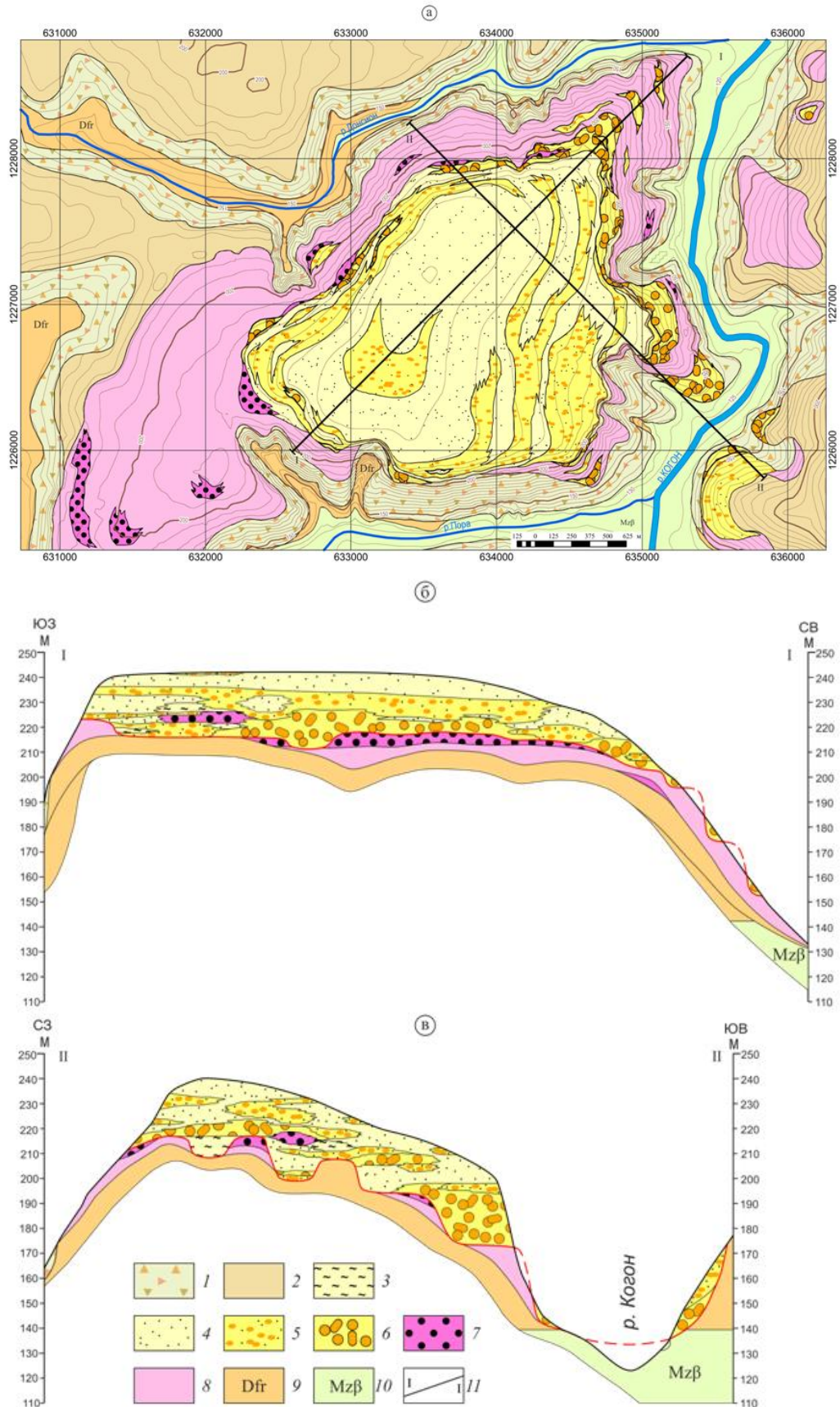


Рис. 5 – Геологическая карта (а) и разрезы, продольный (б) и поперечный (в) месторождения Сангареди  
1 – делювиально-пролювиальные шлейфы склонов; 2 – бокситы и латериты классические in situ по алевро-аргиллитам девона; 3–6 бокситы осадочно-латеритные: 3 – по осадочным глинам, 4 – по псаммитовым отложениям, 5 – по гравийным отложениям, 6 – по галечным и гравийно-галечным отложениям; 7–8 бокситы инфильтрационно-метасоматические: 7 – оолитовые бокситы, 8 – гелеморфные и гелефицированные бокситы; 9–10 – коренные породы: 9 – алевро-аргиллиты девона свиты Фаро, 10 – долериты мезозойской трапповой формации; 11 – линии разрезов.

Возобновившееся в  $N_1^3$  опускание базиса эрозии привело к активизации эрозионно-денудационных процессов, размыву аллювиально-озерной равнины и врезу долин. Скорость вреза и переуглубления долин происходила с нарастающей скоростью: 10 метров за 1 млн лет в  $N_1^3$  и 13-15 метров за 1 млн лет за  $N_2 - N_3$  время.

Откопанные из-под отложений серии Сангареди ступени предшествующего ( $N_1^1$ ) рельефа следует датировать двойным возрастом. Так, например, на фрагменте геоморфологической карты района, на западном фланге бовали N'Dangara (рис. 7а) уровни двух ступеней выравненной поверхности на абсолютных отметках +220 и +200 датированы как  $N_1^3 - III$  и  $N_1^3 - II$  ( $N_1^1$ ). На западном фланге бовали Paravi. (рис. 7б) ступень на +150 метров датируются как  $N_2 - Q_1(N_1^1)$

Схема геоморфологического развития рассматриваемого района, охватывает период с момента начала расчленения Африканской (палеоцен - эоценовой) выравненной поверхности, до настоящего времени (рис. 6с).

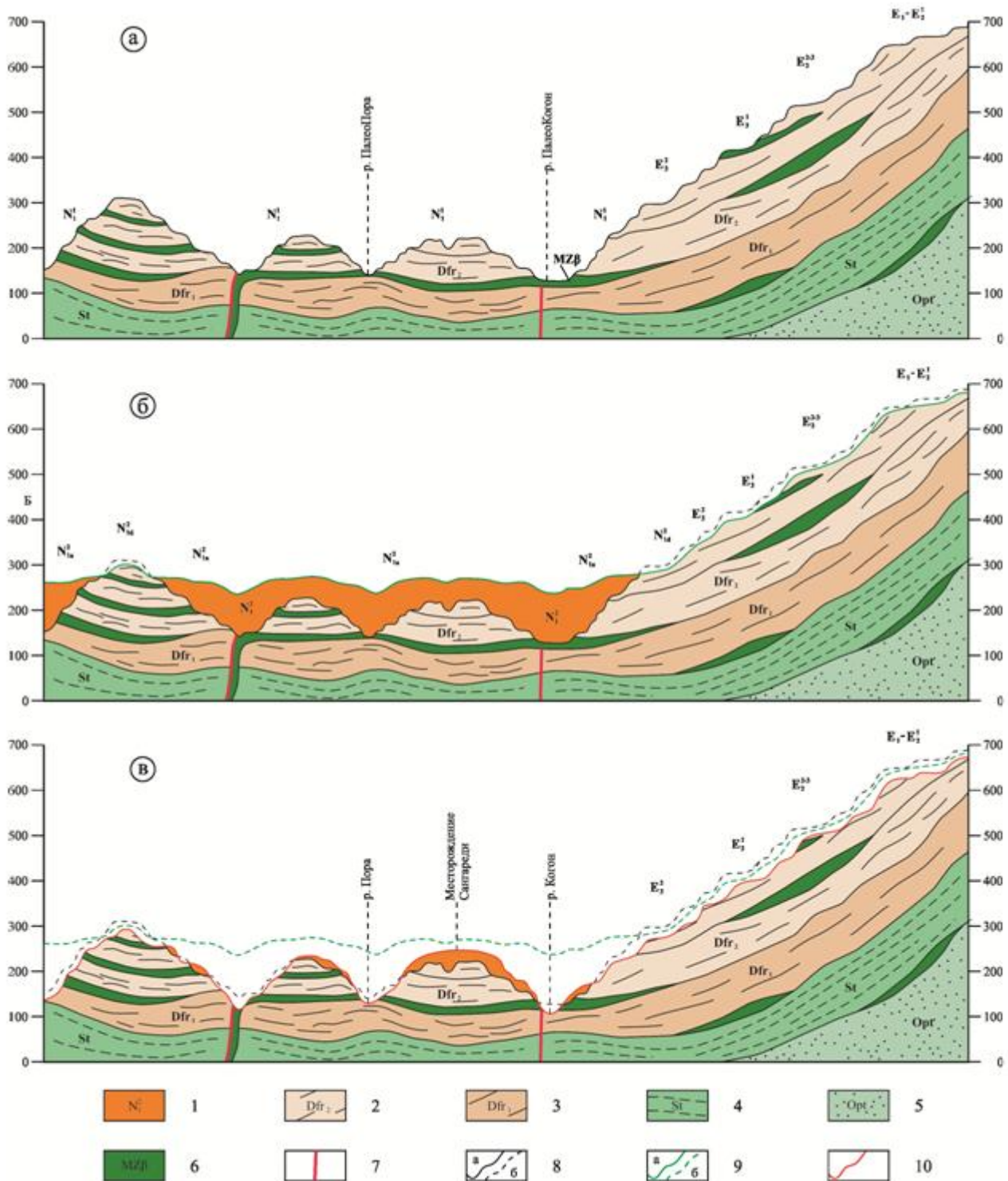


Рис. 6 –Схема геоморфологического развития западного склона морфоструктуры Фута Джалон-Мандинго, на: а) конец раннего миоцена; б) конец среднего миоцена и в) на сегодняшний день



1 - Аллювиально-озерные отложения серии Сангареди, сформировавшие аккумулятивную равнину;  
 2-5. Терригенно-осадочные отложения платформенного чехла Гвинейской синеклизы в синклинале Бове:  
 2-3 - аллевролиты, аргиллиты и мелкозернистые песчаники девона свиты Фаро верхней (2) и нижней (3) чачек; 4 – алевро-аргеллиты силура свиты Телимеле; 5 - песчаники кварцевые разномерные, гравелиты и конгломераты ордовика свиты Пита; 6 - Силы и дайки долеритов и конга-диабазов мезозойской трапповой формации; 7 - Разломы;  
 8-10 - Линии рельефов: 8а - на конец раннего миоцена, 8б - предполагаемый на разрезах последующих этапов, 9а - на конец среднего миоцена, 9б - предполагаемого на последующем этапе, 10 - современная

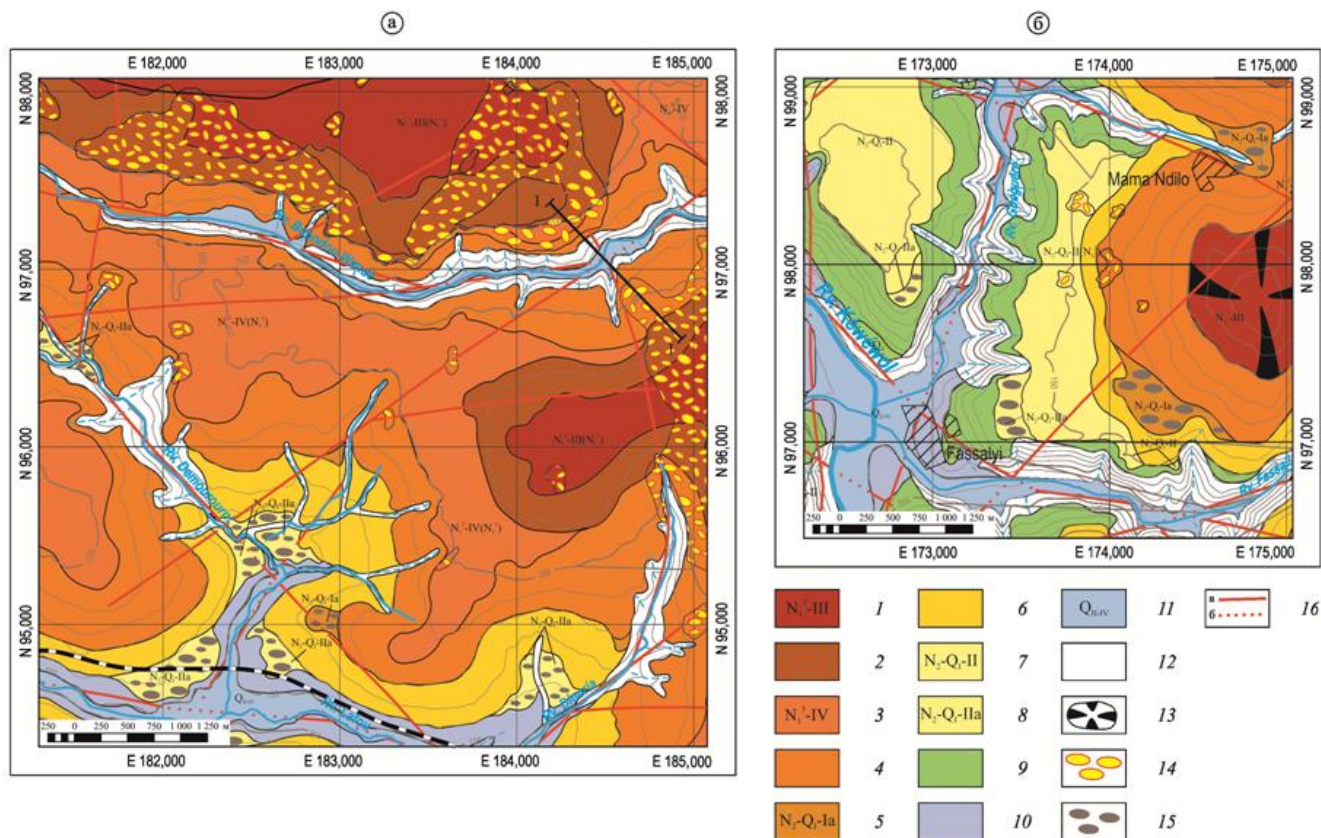


Рис. 7 – Фрагменты геоморфологической карты с откопанными поверхностями раннего миоцена в позднем миоцене (а) и в плиоцен-раннеплейстоценовое время (б)

1 – позднемииоценовая выровненная поверхность, III-ступень; 2 – эрозионно-денудационные склоны позднемииоценовые; 3 – позднемииоценовая выровненная поверхность, IV -ступень; 4 – эрозионно-денудационный склон олигоцен-раннеплейстоценовый; 5 – аккумулятивная поверхность плейстоцен-раннеплейстоценовых высоких террас, I-ступень; 6 – эрозионно-денудационный склон плиоцен-раннеплейстоценовой нижней ступени;  
 7 - денудационная поверхность плиоцен-раннеплейстоценовая, II-ступень; 8 - аккумулятивная поверхность плиоцен-раннеплейстоценовая высоких террас, II-ступень; 9 - эрозионно-денудационный склон опирающийся на среднеплейстоценовую поверхность; 10 – склоны к днищам современных долин; 11 – комплекс I-террасы и поймы, поздний плейстоцен-голоцен; 12 – склоны эрозионно-денудационные моделированные современными процессами;  
 13 – Останцы на выровненных поверхностях различного возраста; 14 – сохранившиеся среднемиоценовые аллювиально-озерные отложения (бокситизированные); 15 – латериты и бокситы железистые осадочно-латеритные по аллювиальным и пролювиально-аллювиальным отложениям высоких террас; 16 – разломы рельефообразующие: а – не перекрытые, б – перекрытые отложениями серии Сангареди либо высоких террас.

При этом гидросеть района полностью унаследована от неотектонического этапа. Даже на склонах долин небольших ручьев подошва отложений серии Сангареди наклонена в сторону современного русла этих ручьев (рис. 8).

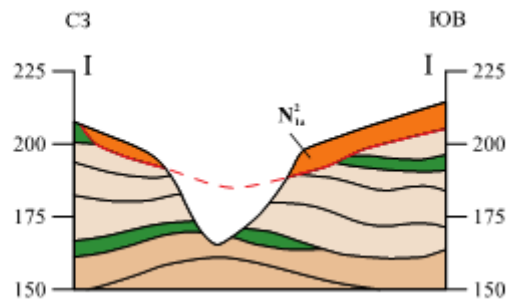


Рис. 8 – Наклонное ложе отложений серии Сангареди ( $N_{1a}^2$ ) на бортах долины ручья Бунду-Ванде (Условные обозначения см. рис. 6)

#### Особенности бокситоносных латеритных покровов

Латеритные коры выветривания (ЛКВ) в рассматриваемом районе практически сплошным чехлом покрывают положительные формы рельефа и их пологие склоны. Только на крутых склонах и в днищах современных долин они отсутствуют.

В генерализованном виде ЛКВ имеют двучленное строение.

Нижняя часть сложена преимущественно глинами от полиминеральных с фрагментами слабовыветрелых материнских пород в своей нижней части (сапролит) и существенно каолинистыми с повышающейся железистостью – в верхней части (литомарж). Эта часть профиля выветривания находится в сезон дождей ниже зеркала грунтовых вод, то есть совпадает с гидрогеологической зоной обводнения. В течении сухого сезона уровень грунтовых вод постепенно опускается до зоны дезинтеграции коренных пород.

Верхняя часть ЛКВ сложена в основном минералами свободных оксидов и гидроксидов железа и алюминия. Эту часть можно относить к собственно латеритному покрову. При наличии бокситов этот покров назван бокситоносным латеритным покровом.

При прочих равных условиях (климатических, тектонических, геоморфологических, гидрогеологических) и продолжительности для особенностей строения и состава бокситоносных латеритных покровов имеет очень важное значение материнский субстрат, по которому происходило латеритное выветривание.

Материнским субстратом в рассматриваемом районе являются алевро-аргиллиты свиты Фаро девона и долериты и конго-диабазы мезозойской трапповой формации, а также фрагментарно сохранившиеся континентальные водноосадочные отложения серии Сангареди. В соответствии с этим в районе выделяются:

- классические латеритные бокситоносные покровы сформировавшиеся по коренным породам;
- осадочно-латеритные покровы, образование которых произошло по осадочным рыхлым континентальным отложениям серии Сангареди;
- инфильтрационно-метасоматические бокситы и сопутствующие породы, образовавшиеся под отложениями серии Сангареди благодаря повышенному по интенсивности перераспределению вещества в профиле выветривания.

Бокситоносные классические латеритные покровы образовавшиеся по коренным породам

В вертикальном разрезе ЛКВ бокситы приурочены только к собственно латеритному покрову, выше горизонта глин и зоны обводнения в сезон дождей.

Внутри классического латеритного покрова бокситы приурочены в основном к его средней части. На фигуре 9 (а,б) в качестве примера приведены два классических вертикальных разреза бокситоносных кор выветривания.

Характерно, что между бокситами и залегающими ниже глинами литомаржа повсеместно фиксируется горизонт железистых латеритов. Режимные гидрогеологические наблюдения на нескольких месторождениях региона показали, что эта часть профиля выветривания совпадает с гидрогеологической зоной колебания зеркала грунтовых вод в сезон дождей. В пределах этой зоны от дождя к дождю то поднимается по опускается уровень грунтовых вод. Статистически он наибольшее время находится в средней части.

Состав латеритных пород в этой зоне меняется от глинисто-железистых с глиноземом в нижней части к глинозем-железистым в верхней. Внутри этой зоны очень часто образуются плиты и линзы высокожелезистых крепких пород, получивших название [2] ферриплантитов.

Изученный на изоволюметрической основе баланс вещества показывает очень существенный привнос (абсолютное накопление) железа в среднем в 2-4 раза по сравнению с исходным количеством железа в материнских породах. В ферриплантитах привнос вещества оценивается в 5-8 раз. Очевидно, что в зоне колебания уровня грунтовых вод геохимическую

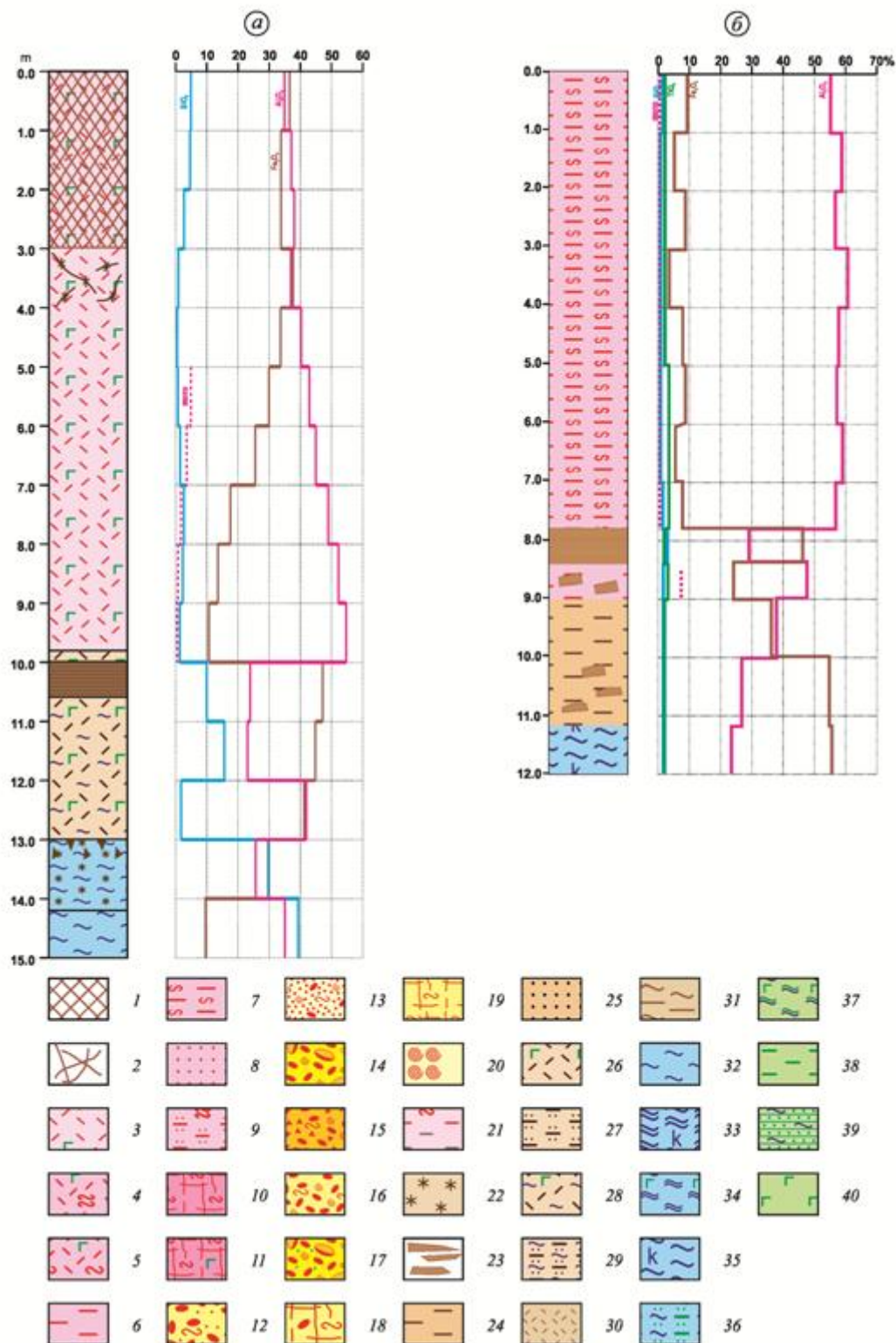


Рис. 9 – Разрез классической латеритной коры выветривания (а – по алевро-аргиллитам девона, свита Фаро, б – по долеритам мезозойской трапповой формации)

1 – зоны ожелезнения; 2 – жилы железистых латеритов; 3 – бокситы псевдоморфные по долеритам; 4 – бокситы сильногелефицированные псевдоморфные по долеритам; 5 – бокситы слабогелефицированные псевдоморфные по долеритам; 6 – бокситы гелефицированные псевдоморфные по алевро-аргиллитам; 7 – бокситы гелефицированные псевдоморфные по алевро-аргиллитам; 8 – бокситы гелефицированные по кварцевым песчанникам; 9 – бокситы сильногелефицированные псевдоморфные по алевро-песчанникам; 10 – бокситы гелеморфные массивные по алевро-аргиллитам; 11 – бокситы гелеморфные массивные по долеритам; 12 – бокситы гравеллитовые и гравеллит-песчанниковидные по отложениям серии Сангареди; 13 – бокситы гравеллит-песчанниковидные гелефицированные по отложениям серии Сангареди; 14 – бокситы конгломерат-гравеллитовые гелефицированные по отложениям серии Сангареди; 15 – бокситы гравеллит-конгломерат-брекчиевидные по отложениям серии Сангареди; 16 – бокситы гравеллитовые гелефицированные по отложениям серии Сангареди; 17 – бокситы конгломерат-гравеллитовые гелефицированные по отложениям серии Сангареди с кластогенным кварцем; 18 – бокситы гелеморфные с реликтовыми участками бокситов гравеллитовых по отложениям серии Сангареди; 19 – бокситы гелеморфные афанитовые и пористые по отложениям серии Сангареди; 20 – бокситы гелеморфные оолитовые по отложениям серии



Сангареди; 21 - бокситы слабогелефицированные низкокачественные псевдоморфные по алевро-аргиллитам; 22 – железистые пизолиты; 23 - ферриплантиты красные и табачно-желтые; 24 - железистые латериты переходной зоны по алевро-аргиллитам; 25 - железистые латериты по кварцевым песчанникам; 26 - железистые латериты переходной зоны по долеритам; 27 – латериты железистые псевдоморфные по алевро-песчанникам; 28 - железистые латериты с глинистыми гнездами по долеритам; 29 - железистые латериты с глинистыми гнездами по алевро-песчанникам; 30 – породы переходной зоны по долеритам; 31 – породы переходной зоны по породам девона; 32 - глины каолиновые белые, серовато-белые и розовые псевдоморфные по алевро-аргиллитам; 33 - глины каолиновые псевдоморфные по долеритам; 34 - - глины каолиновые пестроцветные псевдоморфные по долеритам; 35 - глины каолиновые псевдоморфные по породам девона; 36 – глины гидрослюдисто-каолиновые псевдоморфные по алевро-песчанникам; 37 - глины полиминеральные монтмориллонит-каолиновые пестроцветные аподолеритовые; 38 - сапролит гидрослюдистый псевдоморфный по алевро-аргиллитам; 39 – алевро-песчанник оглиненный; 40 – долерит.

обстановку следует рассматривать как окислительную, благодаря которой и происходит накопление  $Fe^{3+}$  в форме гетита и реже гематита.

В этой зоне снизу вверх практически происходит латеритизация – окончательная очистка от кремнезема и замещение каолинита минералами железа и глинозема.

В самой верхней части зоны колебания уровня грунтовых вод железистые латериты начинают замещаться светлым глиноземистым веществом.

Горизонт бокситов располагается в профиле выветривания над нижними железистыми латеритами и ферриплантитами и пространственно совпадает с гидрогеологической зоной инфильтрации в сезон дождей, то есть без постоянного обводнения. Лишь в особо интенсивные ливни зеркало грунтовых вод может подниматься почти до дневной поверхности, но, как правило, в течении часа опускается к зоне колебания уровня грунтовых вод в коре выветривания.

Бокситы в нижней части горизонта – зоны обычно имеют более качественный, менее железистый состав и светлую окраску.

Вверх по разрезу содержание железа увеличивается и зачастую в самой верхней подпочвенной части мощностью 1,5-3 метра бокситы сменяются крепкими высокожелезистыми латеритами – так называемой железистой кирасой.

Важно отметить, что в зоне инфильтрации профиля выветривания наблюдается зональность в составе подземной атмосферы. Проведенный мониторинг [3] позволил точно определить состав газа в разных частях зоны.

В самой нижней части (над зеркалом грунтовых вод) после очередного дождя накапливается углекислый газ, максимальная концентрация которого может достичь 12-14%. Соответственно, содержание кислорода падает до 5-6%, то есть в зоне гипергенеза создается локальная восстановительная геохимическая обстановка. В связи с этим замещение здесь железа минералами глинозема выглядит вполне логично.

Выше по разрезу статистически количество  $CO_2$  в подземной атмосфере уменьшается, а  $O_2$  – увеличивается приближаясь к нормальным атмосферным значениям у поверхности. Соответственно бокситы становятся более красноцветными или даже сменяются железистой кирасой.

На рисунке 9 приведены два разреза латеритной бокситоносной коры выветривания (ЛБКВ) с диаграммами изменения содержаний главных породообразующих компонентов. Такую направленность изменений химического состава пород в профиле латеритного выветривания следует отнести к прямой классической геохимической зональности.

На фоне сохранения текстурных признаков материнского субстрата в продуктах латеритного выветривания направленность выноса и привноса (перераспределения) вещества в профиле выветривания соответствует гипергенной инфильтрационной метасоматической зональности.

В таблице 2 на базе обобщения нескольких десятков полных пересечений ЛБКВ приведены средние содержания породообразующих компонентов в горизонтах-зонах профиля выветривания. Кроме этого проведен пересчет на абсолютные количества вещества ( $кг/м^3$ ) с учетом объемных масс пород и рассчитаны коэффициенты концентрации ( $K_k$ ) компонентов в каждой вышележащей зоне по отношению к нижележащей.

Такой подход к анализу перераспределения вещества по профилю выветривания соответствует методике анализа последовательности формирования инфильтрационной метасоматической зональности [4, 5, 6] и позволяет понять геохимическую направленность процессов при метасоматических замещениях.

Как видно из результатов этих расчетов в фронтальной зоне (при формировании по материнскому субстрату полиминеральных глин – сапролита) происходит разложение исходных алюмосиликатов, вынос кремнезема, щелочных и щелочноземельных компонентов и существенно е увеличение связанной воды – гидратирование.

Этот процесс еще более усиливается выше, при образовании каолиновых глин и сопровождается некоторым увеличением абсолютного содержания  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$ .

На фоне сохранения объема породы резко уменьшается его объемная масса, в основном за счет значительного выноса вещества и резкого увеличения пористости. Меняется и физическое состояние пород от каменистого к рыхло-пластичному.

При формировании вышележащих железистых латеритов в зоне колебания зеркала грунтовых вод в целом по сравнению с каолиновыми глинами происходит очень интенсивный привнос железа и заметный – алюминия. Имеет место активный железистый, а также алюминиевый метасоматоз на фоне практически полного (снизу вверх) выноса  $SiO_2$ .

В светлых бокситах в восстановительной обстановке, напротив, происходит очень активный вынос железа и накопление глинозема – алюминиевый метасоматоз.



Вверх по разрезу с увеличением O<sub>2</sub> в подземной атмосфере начинает накапливаться железо с образованием красных бокситов или даже железистых латеритов кирасы. Снова имеет место железистый метасоматоз.

В почве, которую следует рассматривать как тыловую зону метасоматической колонки, все минеральные фазы и элементы становятся метастабильными – происходит растворение (протаивание) латеритного покрова сверху. Соответственно внизу идет его наращивание.

Для классических латеритных покровов характерны в целом бокситы гиббситового состава низкого и реже среднего качества. В таблице 3 приведены данные подсчета средних содержаний по отдельным блокам или целым месторождениям района в латеритных покровах классического латеритного типа.

Таблица 2 – Изменения химического состава (в относительных % и в кг/м<sup>3</sup>) пород в профилях латеритного выветривания по алевро-аргиллитам и долеритам, и расчет привноса – выноса вещества (привнос – вынос вещества рассчитан по отношению к нижележащим породам)

Зона профиля выветривания	Химический состав, мас.%										Объемная масса, кг/м³	Содержание элементов, кг/м³										Привнос-вынос компонентов, кг/м³			
	SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	MnO	MgO	CaO	Na₂O	K₂O	ППП		SiO₂	TiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	MnO	MgO	CaO	Na₂O	K₂O	ППП	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	ППП
Латеритная кора выветривания по алевро-аргиллитам																									
железистая кираса	1,72	2,36	37,10	28,70	0,03	0,04	0,02	0,00	0,04	24,44	2350	40	60	872	674	0,71	0,94	0,47	0,00	0,94	574	13	-26	103	71
красные структурные бокситы	1,32	2,42	43,59	27,75	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	24,29	2060	27	50	898	572	0,21	0,41	0,62	0,62	0,41	500	3	-203	353	-69
кремовые структурные бокситы	1,23	2,76	55,60	11,04	0,01	0,08	0,06	0,04	0,03	28,75	1980	24	55	1101	219	0,20	1,58	1,19	0,79	0,59	569	-6	368	-626	133
латериты верхней части переходной зоны	1,43	1,93	34,90	40,20	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	20,78	2100	30	41	733	844	0,59	0,00	0,17	0,00	0,29	436	-70	186	-214	117
латериты нижней части переходной зоны	4,84	1,29	26,40	51,10	0,02	0,00	0,01	0,00	0,30	15,42	2070	100	27	546	1058	0,33	0,00	0,21	0,00	6,21	319	-572	49	834	171
пестроцветные глины	41,25	1,60	30,50	13,72	0,00	0,44	0,05	0,26	3,09	9,10	1630	672	26	497	224	0,00	7,17	0,82	4,24	50	148	-16	-19	37	4
белые глины	42,50	1,62	31,88	10,29	0,00	0,52	0,09	0,38	4,85	8,94	1620	689	26	516	167	0,00	8,42	1,46	6,16	79	145	-284	72	23	29
сероцветные полиминеральные глины	53,75	1,45	24,57	7,93	0,00	0,33	0,00	0,40	5,00	6,38	1810	973	26	445	144	0,00	5,97	0,00	7,24	91	115	-386	36	-82	18
плотный сапролит	62,90	1,20	18,91	10,46	0,08	1,77	0,09	0,22	3,27	4,52	2160	1359	26	408	226	1,62	38	1,84	4,75	71	98	-375	1	80	8
неизменные алевро-аргиллиты	69,07	1,09	16,24	5,79	0,06	1,08	0,30	0,25	2,70	3,58	2510	1734	27	408	145	1,38	27	7,53	6,28	68	90				
Латеритная кора выветривания по долеритам																									
железистая кираса	0,74	1,87	30,40	45,80	0,22	0,04	0,00	0,00	0,05	20,22	2800	21	52	851	1282	6,16	1,06	0,03	0,00	1,34	566	-7	-111	683	28
красные аподолеритовые бокситы	1,24	2,94	43,74	27,26	0,04	0,11	0,08	0,03	0,02	24,46	2200	27	65	962	600	0,79	2,42	1,76	0,66	0,44	538	9	-164	332	-55
желтые аподолеритовые бокситы	0,88	3,40	53,88	12,81	0,03	0,08	0,06	0,02	0,02	28,38	2090	18	71	1126	268	0,63	1,67	1,25	0,42	0,42	593	-15	348	-483	129
латериты верхней части переходной зоны	1,58	3,61	36,70	35,40	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	21,88	2120	33	77	778	750	0,95	0,00	0,21	0,00	0,19	464	-77	174	-131	67
латериты нижней части переходной зоны	5,41	1,56	29,60	43,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,43	2040	110	32	604	881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	396	-303	233	415	192
железистые каолиновые глины	27,50	2,20	24,70	31,07	0,05	0,00	0,06	0,04	0,07	13,59	1500	413	33	371	466	0,81	0,00	0,93	0,53	0,98	204	-381	5	234	-213
полиминеральные каолины	43,75	1,80	20,15	12,77	0,09	3,05	1,10	-	-	22,98	1814	794	33	366	232	1,69	55	20	-	-	417	-555	-39	-94	326
неизменные долериты	49,95	1,50	15,00	12,05	0,00	6,20	8,85	2,00	1,10	3,35	2700	1349	41	405	325	0,00	167	239	54	30	90				
Баланс вещества при переходе от глини к феррилантитам (в латеритном профиле выветривания по долеритам и алевро-аргиллитам)																									
желтые феррилантиты	1,25	1,30	14,84	65,40	0,01	0,09	0,22	0,08	0,13	15,80	2680	34	35	398	1753	0,27	2,41	5,90	2,01	3,35	423	-639	-99	1529	275
пестроцветные глины по алевро-аргиллитам	41,3	1,60	30,50	13,72	0,00	0,44	0,05	0,260	3,09	9,10	1630	672	26	497	224	0,00	7,17	0,82	4,24	50	148				
желтые феррилантиты	1,37	2,04	22,56	54,30	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	19,50	2720	37	55	614	1477	0,60	0,54	0,00	0,54	0,00	530	-375	243	1011	327
железистые каолиновые глины по долеритам	27,50	2,20	24,70	31,07	0,05	0,00	0,06	0,04	0,07	13,59	1500	413	33	371	466	0,81	0,00	0,93	0,53	0,98	204				

Таблица 3 – Зависимость среднего химического состава бокситов от генетической принадлежности месторождений бокситов

Наименование групп (кол-во месторождений)	Средняя мощность, м	Содержание, % от – до среднее		
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (общий)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> моно
I группа Месторождение Сангареди (по блокам), преобладание осадочно-латеритных бокситов (70%) и инфильтрационно-метасоматических (25%)	23.0	50.22-61.32 55.5	1.1-10.0 1.5	3.2-11.3 7.0
II группа Бовали с рудными телами осадочно-латеритных бокситов (4 м-ия)	7.34	48.56-52.61 49.62	1.46-4.90 1.92	2.1-3.3 2.9
III группа Бовали с инфильтрационно-метасоматическими бокситами (9 м-ий)	7.54	47.18-49.95 48.50	1.54-3.26 1.88	1.3-5.5 2.2
IV группа Бовали с латеритными (классическими и гелефицированными) псевдоморфными бокситами (8 м-ий)	8.12	45.90-48.29 46.90	1.53-2.75 1.85	0.9-2.7 2.1

### Осадочно-латеритные бокситоносные покровы

В отличие от латеритных покровов по коренным породам района, бокситоносные латеритные покровы, сформировавшиеся по континентальным отложениям серии Санграеди, резко отличаются по многим параметрам бокситов и сложенных ими рудных залежей.

В большинстве месторождений, где сохранились бокситы этого типа, в конкретных пересечениях отложения серии Санграеди на всю свою мощность превращены в бокситы высокого качества. При этом текстурно-структурные особенности исходного материнского субстрата в основном сохраняются:

- Галечные и гравийно-галечные отложения превращены в конгломератовые и гравелит-конгломератовые бокситы. В них хорошо видно, что гравийно-галечный материал накапливался за счет разрушения и переотложения каменистых бокситов как классических латеритных (с реликтами полосчатости унаследованной от алевро-аргиллитов или мелкопористых массивных аподолеритовых) так и гелеморфных – сливных афанитовых или оолитовых.

- Песчаные и гравийно-песчаные отложения превращены в песчаниковидные бокситы или гравелит-бокситы.

- Пелитоморфные бокситы внутри разрезов бокситов с обломочными структурами образовались по осадочным глинам и илам, которые накапливались за счет глинистых горизонтов кор выветривания. Иногда (на месторождении Сангареди) они остаются рыхлыми глиноподобными с повышенными содержаниями  $\text{SiO}_2$ .

- Все эти бокситы образовались в основном за счет материнского субстрата от разрушения и переотложения пород латеритных кор выветривания. На рисунке 10 показаны 4 разреза с различной мощностью осадочно-латеритных бокситов.

- Подстилающие коренные породы ложа серии Сангареди, в зависимости от глубины залегания от дневной поверхности представлены:

- Либо железистыми латеритами типа ферриплантитов и ниже каолининовыми и затем полиминеральными глинами;

- Либо бокситами с реликтами коренных пород (алевро-аргиллитов и долеритов); при этом в самой верхней своей части (при небольшой мощности осадочно латеритных бокситов) эти бокситы, как правило, более светлые гелефицированные более глиноземистые; вниз по разрезу они переходят в классические латеритные бокситы, затем сменяются латеритными и ферриплантитами переходной зоны и ниже горизонтом глин.

Диаграммы содержания глинозема  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в том числе в моногидратной ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{mono}$ ) форме показывают, что все осадочно-латеритные бокситы и подстилающие их гелеморфные бокситы отличаются очень высоким качеством и зачастую повышенным содержанием  $\text{mono}$ .

Столь резкое отличие качества этих бокситов от классических латеритных по коренному субстрату требует объяснения. Ранее высказывалось предположение [1, 6, 7] что в отложениях серии Сангареди в условиях проточного обводнения (речных долин и озер) при широком развитии растительности в биологически активной среде создавалась восстановительная геохимическая обстановка. В результате восстановления и выноса железа в этих отложениях резко увеличился железистый модуль ( $(\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3)$ ) и их состав стал особенно благоприятный (с высоким содержанием глинозема и низким железа) для образования по ним бокситов. Предполагалось также, что обломки бокситов скорее всего подвергнуться ресилификации.

На месторождении Сангареди (рис. 5) сохранились максимальные мощности отложений этой серии.

При разведке нижних горизонтов на месторождении в понижениях ложа в основании отложений серии Сангареди были встречены светлые (маложелезистые) существенно глинистые (каолининовые) по составу породы с реликтовой текстурой и структурой галечников, гравийников и песков глинистых (рис. 11).

В таблицах 4-7 приведены составные колонки по литотипам, которые показывают как изменялся химический состав от материнского осадочного переотложенного обеленного и ресилифицированного субстрата (галечников (табл. 4), гравийников (табл. 5), песков (табл. 6) и глин (табл. 7)) к бокситам экстра качества. При этом, если в верхних частях разрезов бокситы были в

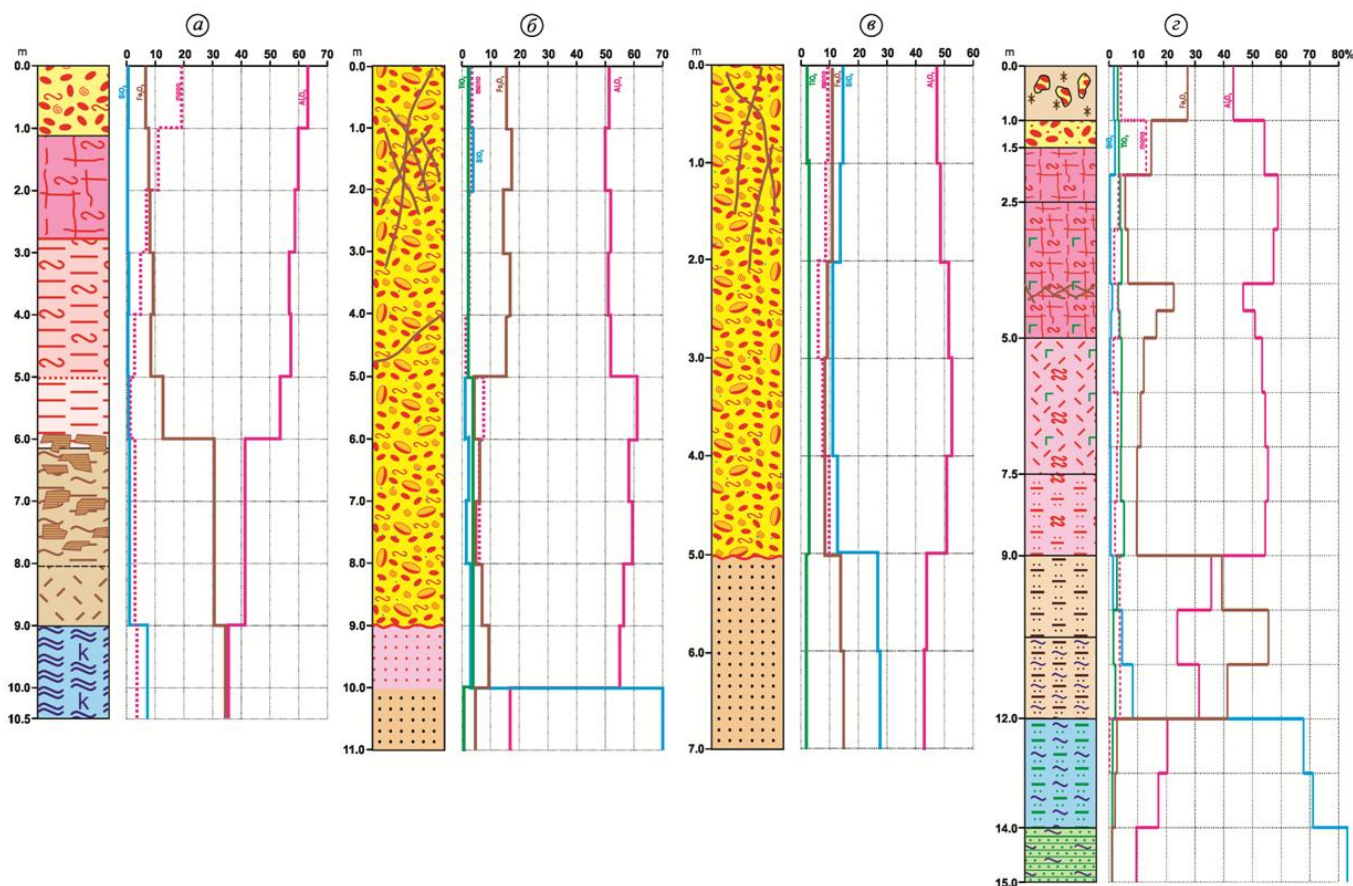


Рис. 10 – Разрезы латеритных кор выветривания с осадочно-латеритными бокситами (условные обозначения см. рис. 9)

В основном существенно гиббситовые, то в средних и нижних с повышенным (до 15-30%) содержанием моногидридного глинозема за счет бемита.



Рис. 11 – Ресилифицированные порода с реликтовой конгломерат-брекчиевой текстурой (каолинизированные обломки алевро-аргиллита (1) и ресилифицированная до каолинитовой глины галька (2) и гравий (3) бокситов)

Данные этих таблиц показывают, что по мере более интенсивного воздействия на латеритный субстрат процессов латеритного выветривания происходило разложение каолинита с выносом кремнезема и относительное и абсолютное накопление  $Al_2O_3$  в том числе в форме моногидрата. Следовательно, бемит в данном случае не является только остаточным из переотложенного обломочного материала. Значительно большая его часть является новообразованной (до 120-300 кг/м<sup>3</sup>) – привнесенной. Резкий скачок – увеличение содержаний  $Al_2O_3$  моно происходит при трансформации глин бокситистых (с остатками бемита и гиббсита) в бокситы глинистые, в которых еще сохраняется до 5-15%  $SiO_2$ . Выше изменения незначительны. Но эти данные (табл. 4-7) характерны для нижних горизонтов бокситов месторождений района. В бокситах, которые залегают на поверхности, содержания  $Al_2O_3$  моно, как правило,

не превышало 3% относительных или 60 кг/м<sup>3</sup> абсолютных содержаний. Ранее мы [8] показывали, что концентрация моногидрата на месторождении Сангареди происходила на глубинах 15-25 метров от поверхности совпадая с зоной увлажнения в профиле выветривания.

Таблица 4 – Изменения химического состава обеленных и ресилифицированных галечных отложений серии Сангареди в зависимости от интенсивности наложенной латеритизации.

Конгломерат-бокситы и некондиционные породы	Кол-во проб	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Содержание компонентов							
			Значение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>143</sub>	Al <sub>235</sub>	Al <sub>Mono</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ППП
Конгломерат-бокситы SiO <sub>2</sub> <2%	19	1,94	от, %	0,24	54,12	33,9	52,1	14,88	1,51	23,78
			до, %	1,62	66,06	47,3	65,64	26,48	17,45	28,49
			среднее, %	0,75	64,1	43,33	63,29	19,95	3,67	27,32
			среднее кг/м <sup>3</sup>	14,58	1243,54	840,6	1227,83	387,03	71,2	530,01
Конгломерат-бокситы слабо глинистые 2% < SiO <sub>2</sub> < 5%	11	1,83	от, %	2,34	57,06	32,41	55,45	7,95	1,95	23,51
			до, %	4,99	64,92	47,5	62,5	26,3	8,92	27,59
			среднее, %	3,64	61,06	40,14	58,76	18,61	4,5	25,94
			среднее кг/м <sup>3</sup>	66,69	1117,47	734,61	1075,25	340,63	82,43	474,71
Конгломерат-бокситы глинистые 5% < SiO <sub>2</sub> < 10%	12	1,86	от, %	5,32	52,6	30,42	46,54	9,63	2,18	22,62
			до, %	9,97	61,45	39,11	57,7	22,85	9,13	25,33
			среднее, %	7,89	58,55	35,06	53,98	18,92	5,08	24,17
			среднее кг/м <sup>3</sup>	146,72	1089,09	652,13	1004,09	351,96	94,44	449,59
Конгломерат-бокситы сильно глинистые 10% < SiO <sub>2</sub> < 15%	3	1,69	от, %	12,57	51,02	31,82	43,41	8,61	2,46	23,07
			до, %	13,8	57,81	34,8	50,98	19,16	6,2	23,4
			среднее, %	13,03	54,46	33,01	47,33	14,32	4,63	23,2
			среднее кг/м <sup>3</sup>	220,15	920,32	557,87	799,82	241,95	78,25	392,08
Конгломерат-бокситы некондиционные 15% < SiO <sub>2</sub> < 20%	3	1,77	от, %	16,4	50,67	28,21	33,36	5,15	3,1	20,56
			до, %	20,99	54,96	32,41	46,36	17,55	3,34	22,53
			среднее, %	18,04	52,42	29,81	40,61	10,8	3,19	21,64
			среднее кг/м <sup>3</sup>	319,31	927,89	527,65	718,79	191,14	56,46	382,97
Галечные отложения глинистые бокситистые	3	1,82	от, %	18,27	44,84	23,33	27,46	3,13	3,48	19,17
			до, %	24,41	48,9	26,64	29,77	4,18	11,33	20,22
			среднее, %	21,89	46,99	24,51	28,33	3,81	7,19	19,65
			среднее кг/м <sup>3</sup>	398,4	855,16	446,13	515,55	69,42	130,86	357,57
Галечные глинизированные отложения слабо латеритизированные	2	1,52	от, %	25,77	44,16	14,63	18,65	3,41	4,24	16,95
			до, %	30,76	44,93	18,69	22,1	4,02	8,21	18,67
			среднее, %	28,27	44,55	16,66	20,37	3,71	6,23	17,81
			среднее кг/м <sup>3</sup>	429,63	677,08	253,25	309,7	56,44	94,62	270,71

Фактические наблюдения показывают, что вверх по разрезу с интенсификацией промывного режима происходит перекристаллизация с замещением бемита гиббситом. Поэтому на большинстве месторождений, где мощность осадочно-латеритных бокситов не превышает 10-12 метров, высокие содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>мопо отмечаются нечасто. Как показано в таблице 3, месторождения или блоки, в пределах которых наблюдаются осадочно-латеритные бокситы относятся к объектам с наиболее высококачественными рудами, хотя и с в целом повышенными содержаниями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>мопо – бемита.



Таблица 5 – Изменения химического состава обеленных и ресилифицированных гравелитовых отложений серии Сангареди в зависимости от интенсивности наложенной латеритизации.

Гравелит-бокситы и некондиционные породы	Кол-во проб	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Содержание компонентов							
			Значение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>143</sub>	Al <sub>235</sub>	Al <sub>Мono</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ППП
Гравелит - бокситы SiO <sub>2</sub> <2%	49	1,79	от, %	0,24	52,67	35,91	51,1	1,9	1,44	24,55
			до, %	1,99	67,15	53,01	66,74	28,19	14,35	29,92
			среднее, %	0,84	61,89	44,32	61,05	16,73	5,28	27,39
			среднее кг/м <sup>3</sup>	15,04	1107,77	793,33	1092,8	299,47	94,51	490,28
Гравелит - бокситы слабоглинистые 2% <SiO <sub>2</sub> <5%	18	1,69	от, %	2,3	52,09	33,91	50,1	1,18	1,48	22,71
			до, %	4,97	64	52,3	62,04	27,19	11,75	29,96
			среднее, %	3,59	58,81	44,74	56,6	11,86	5,57	26,91
			среднее кг/м <sup>3</sup>	60,68	993,86	756,09	956,52	200,43	94,11	454,85
Гравелит - бокситы глинистые 5% <SiO <sub>2</sub> <10%	23	1,75	от, %	5,08	52,78	27,41	48,66	2,65	2,89	21,98
			до, %	9,81	62,33	50,51	58,92	26,61	10,81	28,56
			среднее, %	7,1	57,35	38,46	53,24	14,78	5,76	25,09
			среднее кг/м <sup>3</sup>	124,33	1003,69	673,1	931,74	258,64	100,72	439,08
Гравелит - бокситы сильно глинистые 10% <SiO <sub>2</sub> <15%	5	1,73	от, %	10,26	55,02	33,21	47,5	10,89	3,58	23,35
			до, %	13,61	57,13	36,61	51,16	16,85	6,65	24,53
			среднее, %	11,24	55,83	34,23	49,26	15,03	4,71	23,73
			среднее кг/м <sup>3</sup>	194,39	965,85	592,18	852,27	260,09	81,57	410,56
Гравелит - бокситы некондиционные 15% <SiO <sub>2</sub> <20%	5	1,61	от, %	13,75	46,99	24,54	28,6	2,07	2,53	18,43
			до, %	23,83	54,11	32,41	45,36	19,75	13,18	22,62
			среднее, %	16,9	52,86	28,82	41,37	12,55	4,9	21,18
			среднее кг/м <sup>3</sup>	272,15	850,98	463,96	666,06	202,1	78,86	341
Глинизированные слабо латеритизированные гравийные отложения	7	1,76	от, %	25,88	36,74	7,27	7,27	0	1,67	13,35
			до, %	34,94	48,22	20,98	25,24	4,26	7,02	18,89
			среднее, %	30,84	44,21	14,97	17,71	2,74	3,56	17,03
			среднее кг/м <sup>3</sup>	542,76	778,17	263,47	311,61	48,14	62,68	299,75

**Латеритные покровы с инфильтрационно-метасоматическими бокситами**

Как было показано при характеристике латеритных покровов с осадочно-латеритными бокситами небольшой мощности (рис. 10 а, г) под ними по коренным породам повсеместно образуются высокоглиноземистые светлые маложелезистые бокситы.

На многих месторождениях района картируются обширные участки, в пределах которых осадочно-латеритные бокситы уже срезаны эрозивно-денудационными процессами, но на поверхности развиты (сохранились) эти светлые высокоглиноземистые бокситы (рис. 12).

Таблица 6 – Изменения химического состава обеленных и ресилифицированных песчаниковидных отложений серии Сангареди в зависимости от интенсивности наложенной латеритизации

Псаммитовые бокситы и некондиционные породы	Кол-во проб	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Содержание компонентов							
			Значение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>143</sub>	Al <sub>235</sub>	Al <sub>Мono</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ППП
Бокситы песчаниковидные SiO <sub>2</sub> < 2%	38	1,97	от, %	0,26	52	35,7	51,09	3,26	2,49	23,66
			до, %	1,9	62,68	55,5	62,4	20,32	13,9	30,76
			среднее, %	0,84	57,68	48,42	56,84	8,42	6,99	28,32
			среднее кг/м <sup>3</sup>	16,45	1136,21	953,91	1119,7	165,79	137,69	557,86
Бокситы песчаниковидные слабо глинистые 2% < SiO <sub>2</sub> < 5%	16	1,73	от, %	2,28	50,56	33,81	47,35	0,18	2,04	24,17
			до, %	4,95	62,16	55,3	60,12	25,91	14,78	30,65
			среднее, %	3,27	58,12	44,71	55,98	11,27	6,21	27,23
			среднее кг/м <sup>3</sup>	56,57	1005,48	773,41	968,41	195	107,37	471,02
Бокситы песчаниковидные глинистые 5% < SiO <sub>2</sub> < 10%	14	1,75	от, %	5,14	50,88	33,6	46,13	2,62	2,26	23,73
			до, %	9,78	60,15	46,71	56,78	21,98	12,49	27,8
			среднее, %	6,43	56,17	41,16	52,4	11,24	6,56	25,86
			среднее кг/м <sup>3</sup>	112,58	983	720,35	917	196,65	114,76	452,58
Бокситы песчаниковидные сильно глинистые 10% < SiO <sub>2</sub> < 15%	4	1,57	от, %	10,34	50,44	31,22	44,15	9,64	3,83	22,49
			до, %	13,71	57,53	34,62	51,72	17,1	6,05	24
			среднее, %	12,07	53,92	32,99	47,35	14,36	4,98	23,13
			среднее кг/м <sup>3</sup>	189,5	846,47	517,9	743,32	225,41	78,23	363,1
Бокситы песчаниковидные некондиционные 15% < SiO <sub>2</sub> < 20%	11	1,58	от, %	11,98	36,06	21,86	24,48	1,07	1,9	19,06
			до, %	23,92	52,55	34,3	43,78	16,62	28,62	23,97
			среднее, %	17,24	50,95	31,7	37,4	5,7	3,4	22,86
			среднее кг/м <sup>3</sup>	272,47	805,08	500,79	590,91	90,12	53,74	361,16
Песчано-глинистые отложения бокситистые	4	1,71	от, %	21,27	31,36	11,49	13,51	0,59	3,62	15,71
			до, %	29,78	48,13	22,43	26,69	4,26	28,49	18,15
			среднее, %	25,23	42,54	18,17	20,94	2,78	10,12	17,43
			среднее кг/м <sup>3</sup>	431,48	727,43	310,64	358,11	47,48	172,97	298,05

Оценка баланса вещества на изоволюметрической основе показывает (в них Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 1200-1250 кг/м<sup>3</sup>), что при формировании таких бокситов только привнос глинозема (абсолютное накопление) составляет до 800 кг/м<sup>3</sup>, то есть в 2 раза больше чем было в исходных коренных породах (порядка 400 кг/м<sup>3</sup> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Таблица 7 – Изменения химического состава обеленных и ресилифицированных глиноподобных отложений серии Сангареди в зависимости от интенсивности наложенной латеритизации

Бокситы пелитоморфные и глиноподобные и некондиционные породы	Кол-во проб	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Содержание компонентов							
			Значение	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>143</sub>	Al <sub>235</sub>	Al <sub>Моно</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ППП
Бокситы пелитоморфные SiO <sub>2</sub> < 2%	4	1,84	от, %	0,43	58,59	45,51	57,32	3,12	2,45	27,89
			до, %	1,96	63,89	57,5	63,16	17,65	3,7	31,82
			среднее, %	0,92	60,82	52,38	60,08	7,7	3,27	29,99
			среднее кг/м <sup>3</sup>	17,02	1119,12	963,75	1105,48	141,73	60,08	551,79
Бокситы пелитоморфные слабо глинистые 2% < SiO <sub>2</sub> < 5%	1	1,61	от, %	2,57	55,32	36,21	53,69	9,79	2,48	24,73
			до, %	4,54	62,27	43,9	60,2	23,99	10,24	26,68
			среднее, %	3,54	59,27	39,51	56,69	17,18	5,01	25,54
			среднее кг/м <sup>3</sup>	56,99	954,25	636,11	912,71	276,60	80,66	411,19
Бокситы пелитоморфные глинистые 5% < SiO <sub>2</sub> < 10%	10	1,61	от, %	5,15	52,63	38,51	47,27	1,46	2,51	24,95
			до, %	9,78	58,85	48,8	53,36	12,55	10,14	28,41
			среднее, %	6,78	55,41	45,36	51,42	6,06	4,45	27,2
			среднее кг/м <sup>3</sup>	109,19	892,05	730,24	827,79	97,55	71,59	437,88
Бокситы глиноподобные сильно глинистые 10% < SiO <sub>2</sub> < 15%	6	1,51	от, %	13,09	51,51	23,41	43,71	3,45	1,63	20,61
			до, %	14,88	57,95	42,81	47,96	24,55	3,11	26,02
			среднее, %	13,95	53,61	37,89	45,99	8,1	2,34	24,57
			среднее кг/м <sup>3</sup>	210,72	809,44	572,17	694,43	122,26	35,36	370,94
Бокситы глиноподобные некондиционные 15% < SiO <sub>2</sub> < 20%	9	1,55	от, %	15,48	50,51	24,01	34,85	2,2	2,18	20,43
			до, %	19,4	53,79	39,71	45,02	21,01	5,73	24,88
			среднее, %	16,6	51,88	32,67	40,22	7,55	3,55	22,67
			среднее кг/м <sup>3</sup>	257,29	804,18	506,35	623,39	117,04	54,99	351,46
Глина осадочная каолинитовая слабо бокситистая	4	1,45	от, %	22,24	38,39				4,76	13,74
			до, %	37,23	48,47				6,35	19,02
			среднее, %	29,74	43,43				5,56	16,38
			среднее кг/м <sup>3</sup>	43,123	62,9735				8,062	23,751

Столь мощное перераспределение вещества послужило причиной названия “инфильтрационно-метасоматические”. В любом пересечении бокситоносных латеритных покровов при анализе на изоволюметрической основе фиксируются перераспределения вещества, но в значительно меньших масштабах. Следует подчеркнуть, что инфильтрационно-метасоматические бокситы образовались только в пространственной связи с латеритизацией эпигенетически измененных (обеленных) отложений серии Сангареди.

Вполне очевидно, что инфильтрационно-метасоматические бокситы образовывались по также обеленным (под отложениями серии Сангареди) коренным породам.

На приведенном разрезе через месторождение Силидару (рис. 13) хорошо видно, что гелеморфные (инфильтрационно-метасоматические бокситы) слагают выступы коренных пород в ложе отложений серии Сангареди, из которых более интенсивно было вынесено железо.

В колонках с инфильтрационно-метасоматическими бокситами (рис. 12) диаграмма изменения содержаний главных породообразующих компонентов, показывает “обратную” (по сравнению с классическим бокситоносным покровом) геохимическую зональность в пределах латеритных покровов. Максимальные концентрации глинозема фиксируются в самой верхней части профиля, а ниже гелеморфные сильногелефицированные бокситы сменяются менее гелефицированными или даже классическими латеритными. При этом зачастую в гелеморфных бокситах отмечается повышенное содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>моно.

В то же время нижняя часть профиля ЛКВ полностью аналогична таковой для классических латеритных бокситоносных покровов. Также под бокситами в зоне колебания зеркала грунтовых вод образуется горизонт железистых латеритов, который ниже сменяется существенно каолинитовыми глинами, а затем полиминеральными.

Иногда элементы “прямой” латеритной зональности проявляются в верхней части гелеморфных бокситов, где за счет ожелезнения в подпочвенной части в самых верхних (1-2 реже 3 метра) бокситах в валовых пробах содержание железа увеличивается, а глинозем – падает. Геохимические тенденции классического латеритного выветривания накладываются на “откопанные” инфильтрационно-метасоматические бокситы, которые образовывались под осадочно-латеритными бокситами.

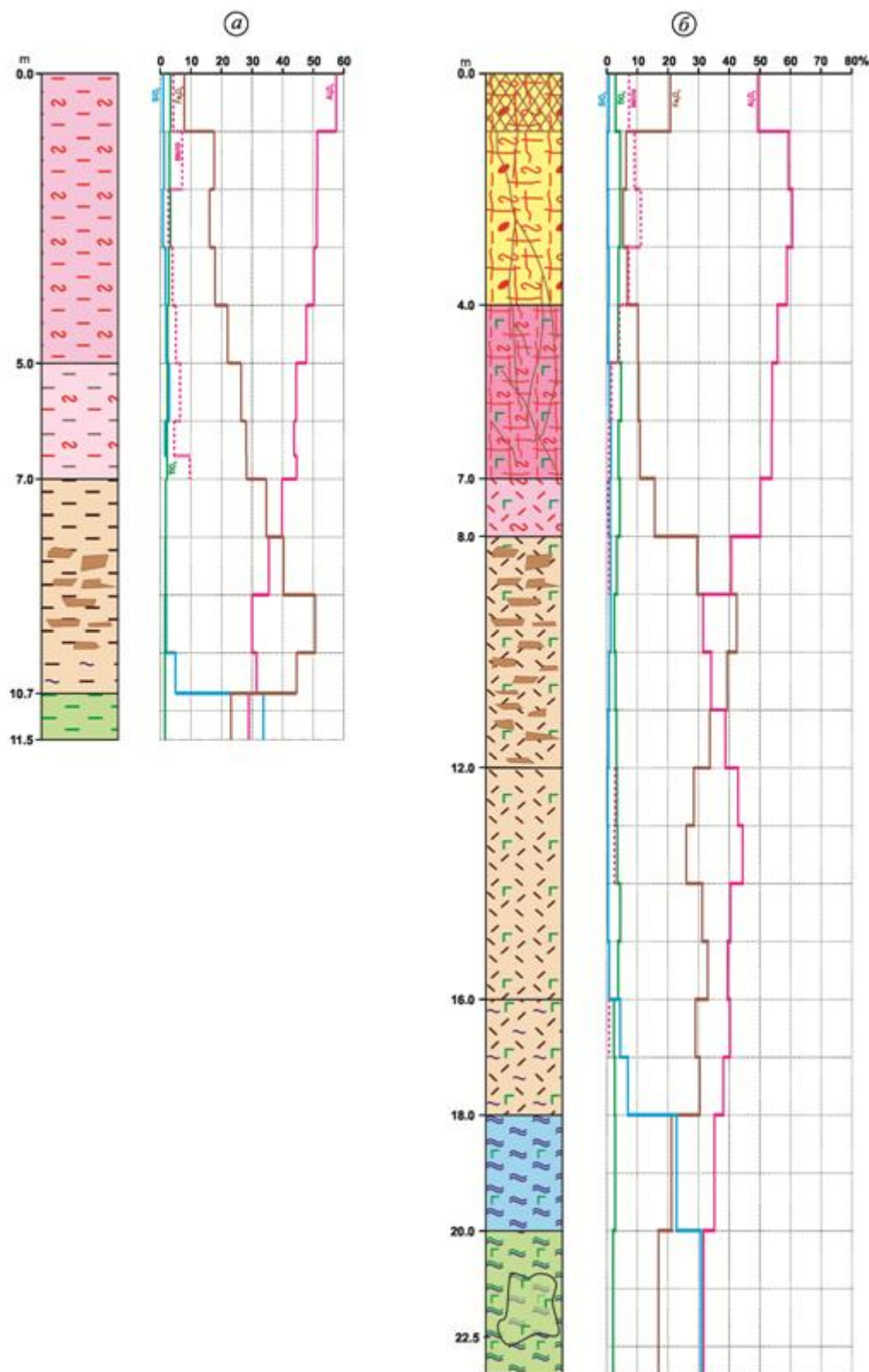


Рис. 12 – Разрезы латеритной коры выветривания с инфильтрационно-метасоматическими бокситами (а- по алевро-аргиллитам девона, б - по долеритам). (условные обозначения см. рис. 9)

Рудные блоки инфильтрационно-метасоматических бокситов представляют собою высококачественное сырье экспортного качества (табл. 3). Но во многих объектах из-за повышенного содержания  $Al_2O_3$  моно (более 3%) металлургический передел осуществляется по высокотемпературной схеме (235°C и выше).

Как показано в таблице 3 месторождения и рудные блоки, в которых преобладают бокситы классического латеритного класса, образовавшиеся *in situ* по коренным породам, в отличие от осадочно-латеритных и инфильтрационно-метасоматических, следует относить к сырьевым объектам для обеспечения местных глиноземных заводов. Хотя эти бокситы, как правило, низкого и реже среднего качества, но за счет невысокого содержания моногидрата алюминия (как правило ниже 2,5-3%), их металлургический передел для получения глинозема осуществляется по среднетемпературной ( $t = 143-150^\circ C$ ) схеме.



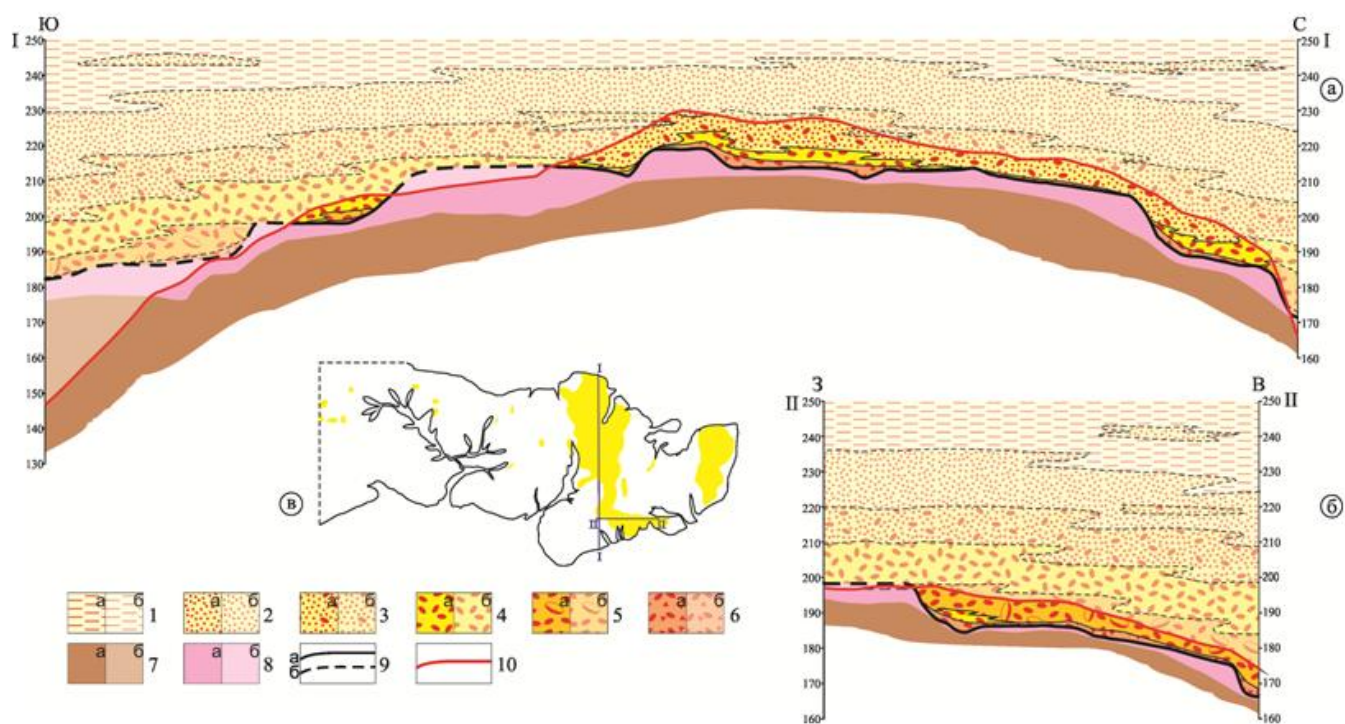


Рис. 13 – Геологические разрезы реконструкции строения отложений серии Сангареди и рельефа их ложа в центральной (а) и южной (б) частях месторождения N'Dangara. (в) - расположение профилей на плане месторождения  
 1-6 - фации отложений серии Сангареди (а-преобразованные в бокситы и сохранившиеся к настоящему времени; б-размытые, предполагаемые): 1-пелитоморфные с редкими линзами песков, 2-песчаные, 3-гравийно-песчаные, 4-гравийные, 5-гравийно-галечные, 6-обломочные пролювиально-аллювиальные; 7-коренные породы ложа (а-сохранившиеся, б-размытые); 8-обеленные коренные породы ложа (а-сохранившиеся, б-размытые); 9-ступенчатый рельеф ложа отложений серии Сангареди (а-сохранившийся, б-предполагаемый); 10-современный рельеф

#### Заключение

Главной особенностью бокситоносных латеритных покровов рассматриваемого района является наличие осадочно-латеритных образований и связанных с ними пространственно и генетически инфильтрационно-метасоматических бокситов.

Современное состояние бокситоносных латеритных покровов является результатом эволюции геологических и геоморфологических процессов неотектонического этапа в регионе.

Аллювиально-озерные отложения серии Сангареди, а также подстилающие коренные породы (особенно в местных выступах) претерпели в глеевой обстановке вынос железа, а также имела место ресилификация обломков бокситов. В результате этого на поверхности региона появился новый материнский субстрат суперблагоприятный для формирования по нему бокситов уникального качества. Начавшийся в позднем миоцене подъем территории привел к выводу из зоны обводнения этого субстрата и его латеритизации.

Эрозионно-денудационные процессы в плиоцене и плейстоцене срезали осадочно-латеритные и инфильтрационно-метасоматические бокситы обнажая классические латеритные или сами коренные породы.

В соответствии с этим составлена генетическая классификация бокситов и сопутствующих пород (табл. 8).

Таблица 8 – Литолого-генетическая классификация бокситов и сопутствующих пород

Классы	Подклассы	Литолого-генетические типы	Литолого-генетические подтипы и их характеристики
L - ЛАТЕРИТНЫЙ - "in situ"	L-1. По осадочным существенно глинистым алюмосиликатным породам платформенного чехла, залегающим субгоризонтально	L-1.1 Псевдоморфные бокситы по аргиллитам и алевро-аргиллитам тонкослоистым; на среднем и высоком геоморфологических уровнях	Бокситы тонкополосчатые, плитчатые и брекчиевидные "in situ"; малобемитовые, среднего и низкого качества; мощности средние 4.5-4.9 м. Распространенность очень широкая
		L-1.2 Псевдоморфные бокситы по полосчатым и неяснополосчатым алевро-песчаникам и тонкозернистым глинистым песчаникам; на среднем и высоком геоморфологических уровнях	Бокситы неяснополосчатые, массивные и брекчиевидные "in situ"; малобемитовые, среднего и низкого качества; мощности средние 5-10 м. Распространенность широкая
	L-3. По магматическим массивным породам	L-3.1 Псевдоморфные бокситы по доперитам силлов; на среднем и высоком геоморфологических уровнях	Бокситы массивные и неяснополосчатые, со скорлуповатой отдельностью, и желваково-обломочные "in situ"; среднего и низкого качества; распространенность очень широкая
SL - ОСАДОЧНО-ЛАТЕРИТНЫЙ	SL-1. По континентальным водноосадочным среднемиоценовым отложениям серии Сангареди, перетерпевшим эпигенетические изменения в глеевой обстановке: обеление (вынос железа) и ресилификацию	SL-1.1 Бокситы по грубо-крупнообломочным отложениям нижних горизонтов серии Сангареди; на среднем геоморфологическом уровне	Конгломерат-бокситы с песчано-гравийным бокситизированным заполнителем, часто с оолитовыми бокситами по цементу; бемитосодержащие (от 6 до 30% $Al_2O_{3max}$ ), маложелезистые; высокого и экстра-качества. Распространенность ограниченная (в отдельных районах)
			Гравелит-бокситы с разнотонным песчаным бокситизированным заполнителем; бемитосодержащие (от 4 до 20% $Al_2O_{3max}$ ), маложелезистые; высокого и экстра-качества. Распространенность ограниченная (северо-запад страны, в основном в бассейне реки Когон)
		SL-1.2 Бокситы по песчано-глинистым отложениям верхних горизонтов серии Сангареди; на среднем геоморфологическом уровне	Песчаниковидные и песчано-пелитоморфные бокситы, массивные, пористые, неяснополосчатые и косослоистые; бемитосодержащие (от 2,5 до 5% $Al_2O_{3max}$ ), маложелезистые; высокого и экстра-качества. Распространенность ограниченная
IM - ИНФИЛЬТРАЦИОННО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЙ	IM - По породам залегающим в основании (в ложе) осадочно-латеритных бокситов	IM-1.1 Бокситы гелеморфные и сильно-гелефицированные образовавшиеся в основании бокситизированных отложений серии Сангареди по обеленным коренным породам на среднем геоморфологическом уровне	Гелеморфные оолитовые и афанитовые криптокристаллические бокситы; бемитсодержащие (от 5-10 до 30-40% $Al_2O_{3max}$ ), маложелезистые; высокого и экстра-качества. Распространенность широкая
			Сильногелефицированные неяснополосчатые и точечно-пятнистые мелко-кристаллические бокситы; бемитсодержащие (от 2-3 до 10% $Al_2O_{3max}$ ), маложелезистые; в основном высокого качества. Распространенность широкая

### Литература

1. Мамедов В.И., Чаусов А.А., Канищев А.И. Этапы формирования уникальной бокситоносной серии Сангареди (провинция Фута Джалон-Мандинго, Западная Африка) // Геология рудных месторождений. - 2011, - т. 53, - № 3. - с. 203-229.
2. Mamedov V.I. The separation between Al and Fe the supergene zone as the determining factor of premium bauxite formation // Status of bauxite, alumina, aluminum, downstream products and future prospects. Materials XVI International Symposium ICSOBA-2005. Nagpur, India. - 2005. - p. 84 – 96.
3. Мамедов В.И., Воробьев С.А. Газовый режим бокситоносной латеритной коры выветривания (Гвинейская республика) // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. - 2011. - № 6. - с. 28-36.
4. Бронево В.А. Метасоматизм в зоне гипергенеза // Метасоматизм и рудообразование. М - 1975. –С.71-80.
5. Михайлов Б.М., Бронево В.А., Одокий Б.Н., Селиверстов Ю.П., Теняков В.А., Якушев В.М., Богатырев Б.А. Латеритные покровы современной тропической зоны Земли // Литология и полезные ископаемые. – 1981. - №4. - с. 85-100.
6. Мамедов В. И., Макстенок И. О., Сума Н.М.Л. Бокситоносная провинция Фута Джалон – Мандинго (Западная Африка) // Геология рудных месторождений. - 1985. - Т. XXVII. - № 2. - с. 72–82.
7. Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Nikitine Y.A. Geologie de la republique de Guinee. Min. des Mines et de la Geologie de la Rep. De Guinee; GEOPROSPECTS Ltd; Univ. d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.) Conakry – Moscou: Aquarel, 2010. - 320 p.
8. Крятов Б.М., Прокофьев С.С., Макстенок И.О., Мамедов В.И., Хаин В.Е. Этапы тектонического развития и металлогенические особенности Запада Леоно-Либерийского щита (Западная Гвинея и Гвинея-Бисау) // Геотектоника. – 1985. - №6. – с. 43-61.
9. Мамедов В. И., Ануфриев А.А, Сума Н.М.Л. Особенности бокситоносной залежи Сангареди (Гвинейская Республика) // Известия вузов. Геология и разведка. - 1985. - № 4. - с. 38-47.

### References

1. Mamedov V.I., Chausov A.A., Kanishhev A.I. Jetapy formirovaniya unikal'noj boksitonosnoj serii Sangaredi (provincija Futa Dzhalon-Mandingo, Zapadnaja Afrika) // Geologija rudnyh mestorozhdenij. - 2011, - t. 53, - № 3. - s. 203-229.

2. Mamedov V.I. The separation between Al and Fe the supergene zone as the determining factor of premium bauxite formation // Status of bauxite, alumina, aluminum, downstream products and future prospects. Materials XVI International Symposium ICSOBA-2005. Nagpur, India. - 2005. - p. 84 – 96.
3. Mamedov V.I., Vorob'ev S.A. Gazovyy rezhim boksitonosnoj lateritnoj kory vyvetrivanija (Gvinejskaja respublika) // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 4. Geologija. - 2011. - № 6. - с. 28-36.
4. Bronevoj V.A. Metasomatizm v zone gipergeneza // Metasomatizm i rudoobrazovanie. M - 1975. –S.71-80.
5. Mišailov B.M., Bronevoj V.A., Odokiĭ B.N., Seliverstov Ju.P., Tenjakov V.A., Jakushev V.M., Bogatyrev B.A. Lateritnye pokrovy sovremennoj tropicheskoj zony Zemli // Litologija i poleznye iskopaemye. – 1981. - №4. - с. 85-100.
6. Mamedov V. I., Makstenek I. O., Suma N.M.L. Boksitonosnaja provincija Futa Dzhalon – Mandingo (Zapadnaja Afrika) // Geologija rudnyh mestorozhdenij. - 1985. - T. XXVII. - № 2. - с. 72–82.
7. Mamedov V.I., Boufeev Y.V., Nikitine Y.A. Geologie de la republique de Guinee. Min. des Mines et de la Geologie de la Rep. De Guinee; GEOPROSPECTS Ltd; Univ. d'Etat de Moscou Lomonossov (Fac. Geol.) Conakry – Moscou: Aquarel, 2010. - 320 p.
8. Krjatov B.M., Prokofev S.S., Makstenek I.O., Mamedov V.I., Hain V.E. Jetapy tektonicheskogo razvitiya i metallogenicheskie osobennosti Zapada Leono-Liberijskogo shhita (Zapadnaja Gvineja i Gvineja-Bisau) // Geotektonika. – 1985. - №6. – с. 43-61.
9. Mamedov V. I., Anufriev A.A., Suma N.M.L. Osobennosti boksitonosnoj zalezhi Sangaredi (Gvinejskaja Respublika) // Izvestija vuzov. Geologija i razvedka. - 1985. - № 4. - с. 38-47.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.082

Остапенко Н.С.<sup>1</sup>, Нерода О.Н.<sup>2</sup>, Беспалов В.В.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор геолого-минералогических наук; <sup>2</sup>научный сотрудник; <sup>3</sup>аспирант,

Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения Российской академии наук

**ФАКТОРЫ, БЛАГОПРИЯТСТВОВАВШИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ КРУПНООБЪЕМНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА В ТЕРРИГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ  
МОНГОЛО-ОХОТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА**

*Аннотация*

*Проведен комплексный анализ геологических материалов по крупнообъемному золоторудному месторождению Албын, разрабатываемому в Верхнеселемджинском рудном районе. Цель исследования – определить основные факторы, благоприятствовавшие его локализации и формированию для использования в перспективном прогнозировании. Установлено, что этому благоприятствовали: 1) размещение рудного поля и узла над глубинным магматическим очагом; 2) в зоне пересечения глубинных разломов меридионального и широтного простирания, являющихся соответственно магмо- и флюидопроводниками; 3) приуроченность рудного поля к крупной экранированной антиклинали с мощным породным коллектором; 4) положительная роль надвига, усилившего проницаемость подстилаемых пород, обеспечившего поступление и накопление гидротерм, метасоматоз и рудоотложение. Эти факторы являются базовой основой для прогноза новых золоторудных месторождений-аналогов в этом и соседних рудных районах и регионах.*

**Ключевые слова:** крупнообъемные месторождения золота, факторы рудолокализации

Ostapenko N.S.<sup>1</sup>, Neroda O.N.<sup>2</sup>, Bepalov V.V.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Geology and Mineralogy; <sup>2</sup>Researcher; <sup>3</sup>Postgraduate student,

Institute of Geology and Natural Management of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

**FAVOURABLE FACTORS FOR LARGE-AREA GOLD DEPOSITS LOCALIZATION IN TERRIGENOUS  
COMPLEXES OF EASTERN PART OF MONGOLO-OKHOTSKY FOLDED BELT**

*Abstract*

*Integrated analysis of geological materials for large-area gold ore deposit Albyn exploring in Upper-Selemdzhinsky ore region had been researched. The purpose of investigations is to determine the main factors favourable for its localization and formation for forecasting activity use. Its fixed that the favourable factors were: 1) ore field and knot localization above deep magmatic center; 2) at the intersection zone of deep meridian and longitude spreading fractures being correspond to magma- and fluid conductors; 3) ore field confinement to large shielded anticline with thick rock collector; 4) thrust positive role intensified bedded rocks permeability, hydroterms accumulation, metasomatoses and ore precipitation. These factors are the basis for forecasting of new gold ore deposits-prototypes in neighbor ore areas and regions.*

**Keywords:** large-area gold deposits, ore localization factors.

## Введение

Рассматриваемая золотоносная территория восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса (рис. 1) сложена дислоцированными палеозойскими комплексами пород, претерпевшими метаморфизм в зеленосланцевой фации. В ее пределах известны Нижнеселемджинский, Верхнеселемджинский, и Кербинский рудно-россыпные районы, еще недостаточно изученные на рудное золото [1]. Здесь в прошлом веке были выявлены рудопроявления и ряд месторождений золота жильного типа, часть из которых активно обрабатывалась.

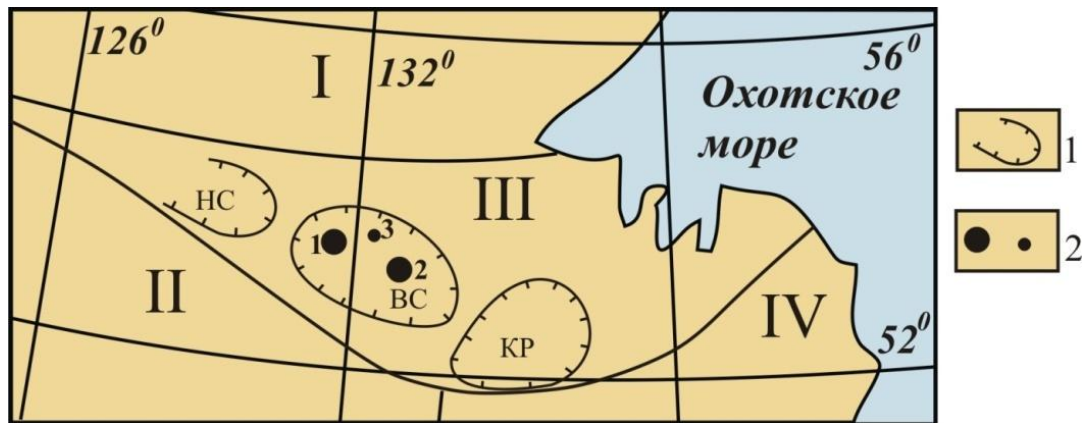


Рис. 1 – Положение золотоносных районов и изученных месторождений в восточной части Монголо-Охотского складчатого пояса. Основные структуры региона: *I* – Алдано-Становой кратон, *II* – Амурский микроконтинент, *III* и *IV* – соответственно Монголо-Охотский и Сихоте-Алинский складчатые пояса

*I* – золотоносные районы: Нижнеселемджинский (НС), Верхнеселемджинский (ВС), Кербинский (КР);  
 2 – золоторудные месторождения: крупнообъемные Маломир (1), Албын (2) и жильное Токурское (3).

Наиболее крупным из них считалось месторождение Токур, из которого примерно за 50 лет отработки было добыто около 33,7 т химически чистого золота. В последние 20 лет в Верхнеселемджинском рудном районе разведаны и отрабатываются открытым способом Маломирское и Албынское месторождения с большими объемами вкрапленных и прожилково-вкрапленных небогатых золотом (1-4 г/т) руд. На каждом из них в год открытым способом добывается в 5-10 раз больше золота, чем в лучшие годы на наиболее крупном жильном месторождении Токур шахтным способом. В связи с большой эффективностью и стабильностью отработки крупнообъемных месторождений и длительной обеспеченностью рудников запасами, выявление новых месторождений золота этого промышленного типа следует считать приоритетной задачей. Но для этого необходимо знать основные геологические факторы, благоприятствовавшие их локализации. Рассмотрим их на примере месторождения Албын. Они являются итогом комплексного анализа полевых материалов авторов, материалов геологической съемки района и разведки месторождений Албын и Маломир.

#### Краткая геологическая характеристика месторождения Албын

Это месторождение является составной частью Харгинского рудного поля, расположенного в правобережье среднего течения р. Харга и территориально входящего в состав Харгинского золотоносного узла в восточной части Верхнеселемджинского рудного района (рис. 1). Рудное поле сложено дислоцированными метаморфизованными терригенными породами условно палеозойского возраста афанасьевской, таламинской и златоустовской свит. Породы смяты в широтные складки. Их залегание нарушено разломами широтной и меридиональной ориентировки. Терригенные породы вмещают внедрившиеся в среднепалеозойское время силлообразные магматические тела мощностью от 10 до 100 м состава габбро и габбродiorитов златоустовского комплекса и секущие крутозалегающие дайки диоритовых порфиринов и плагiogранит-порфиринов субмеридиональной ориентировки.

Золоторудная минерализация месторождения сосредоточена в висячем крыле Албынской синклинали. Она представлена двумя морфологическими типами. К первому типу отнесена протяженная зона рудоносных метасоматически измененных пород субширотного простирания шириной от 50–100 до 400 и более метров. Залегает она субсогласно падению и простиранию вмещающих пород, погружаясь на север под углами 10–40°. С висячего бока она контролируется тектоническим пологим надвигом. Заложен он был, вероятно, еще в период складкообразования на этапе коллизии геоблоков при закрытии Монголо-Охотского палеоокеана по границе толщ существенно песчаного (две нижние подсвиты афанасьевской свиты нижнего палеозоя) и залегающей выше существенно глинисто-сланцевой толщи, включающей верхнюю подсвиту афанасьевской и отложения таламинской и златоустовской свит среднего палеозоя. Рудные тела в составе этой зоны не имеют четких геологических границ и выделяются по результатам опробования. Они залегают сближено. Мощность каждого из них составляет 3–12 метров и выше, что позволяет отрабатывать их совместно открытым способом. На кварц-серицит-альбит-карбонатные метасоматиты наложена вкрапленность и прожилки нескольких генераций пирита, арсенопирита, редко галенита и других сульфидов и сульфосолей. Стадийность образования и более полная характеристика минералогии руд приведена нами в работе [3]. Золото, в основном, свободное, тесно ассоциирует с этими рудными минералами и кварцем. Преобладают тонкие и дисперсные его выделения. Из рудной массы золото извлекается цианированием.

В рудном поле и на месторождении второй тип минерализации представлен рассредоточенными кварцевыми жилами с убогосульфидными рудами. Золото в них более крупное и сосредоточено оно в богатых рудных столбах. Они селективно были выработаны старателями еще в первой половине прошлого века. Из них было добыто около 250 кг золота. Следовательно, основное экономическое значение на месторождении принадлежит первому типу. Есть основания предполагать, что золотоносные жилы формировались одновременно с прожилковой минерализацией метасоматической зоны в разрозненных секущих слепых трещинах, проникших в нижнюю часть экранирующей толщи пород рудолокализирующей Албынской антиклинали.



### Факторы, благоприятствовавшие локализации крупнообъемного Албынского месторождения золота и генезис месторождения

Анализ материалов геологического изучения территории и разведки месторождения позволяет отметить положительную роль структурных, стратиграфических, литологических и магматического факторов и динамического режима развития ее в мезозое.

Во-первых, положительную роль в рудоотложении сыграла предрудная дислоцированность толщ, на этапе коллизии геоблоков, благодаря чему возникла Албынская антиклиналь – ловушка-накопитель глубинных гидротермальных растворов.

Во-вторых, такую же роль сыграла литология пород. Нижняя часть осадочно-метаморфической толщи, вследствие повышенной зернистости осадочных [2] протопород (доминирование метапесчаников), являлась более проницаемой средой для флюидов и обладала повышенными коллекторскими свойствами. Выше лежащие преимущественно сланцевые породы (верхняя подсвита афанасьевской и породы выше лежащих свит) являлись менее проницаемыми для флюидов и играли роль экрана для флюидов. Они «подпруживали» флюиды и создавали условия для длительного метасоматоза пород и рудоотложения.

В-третьих, закартированные в рудном поле и узле дайки пестрого состава свидетельствуют о размещении под ним глубинного магматического очага, длительно генерирующего рудоносные флюиды.

В-четвертых, зафиксированные под рудным полем и севернее его широтные разломы с аномальными содержаниями золота и сопутствующих ему металлов свидетельствуют о существовании под рудным полем глубинного разлома, фокусирующего магматический флюид в верхние породные комплексы земной коры этой территории к рудолокализирующим складчатым и трещинным структурам рудного поля.

В-пятых, высокая динамичность тектонического режима коллизии геоблоков привела в мезозое не только к образованию благоприятствующей рудонакоплению складчатой структуры, но и пологих разломов-надвигов. В связи с этим в тектонитах по сланцам висячем крыле повысилась плотность и экранирующая способность пород, а в тектонитах нижележащих пород, вследствие неоднократных подвижек и подновлений, повысилась проницаемость в зоне мощностью 200-400 м. Здесь и сформировалось прожилково-метасоматическое оруденение.

Таким образом, в плективных положительных структурах на пересечении магмоконтролирующей субмеридиональной и флюидоконтролирующей широтной систем разломов в меловое время сформировалось крупное гидротермальное месторождение золота, по своим параметрам благоприятное для длительной карьерной разработки. Аналогичным образом, в сходной геологической обстановке формировалось и Маломырское месторождение золота этого же формационного и промышленного типа в западной части этого рудного района (рис. 1). Изотопный ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) возраст его золотоносных метасоматитов, определенный по серициту, составляет 132-133 млн. лет [4]

Приведенные данные позволяют предположить магмато-гидротермальный генезис золоторудной минерализации месторождений, формирование ее в раннемеловое время на средних глубинах в условиях относительно закрытых гидротермальных систем при совместном положительном влиянии всех перечисленных факторов. Основанные на этих факторах прогнозно-поисковые критерии являются базовыми для локального прогноза новых аналогичных крупнообъемных золоторудных объектов в Верхнеселенгинском и других рудных районах с близкой историей геологического развития.

### Литература

1. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 352 с.
2. Остапенко Н.С. Основные факторы и механизмы эндогенной концентрации золота (на примере месторождений Приамурья). Автореф. дис. док. геол.-мин. наук. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2007. – 46 с.
3. Остапенко Н.С., Чупряева Н.П., Рождествина В.И., Радомский С.М. Минеральные парагенезисы месторождения Албын // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. – Сборник докладов. – Благовещенск, 2012. – С. 121-123.
4. Пономарчук В.А., Сорокин А.А., Бучко И.В. и др. Аргон-аргоновая геохронология некоторых образований золоторудного месторождения Маломыр // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии. – Сборник докладов. – Т. 1. – Благовещенск, 2014. – С. 162-165.

### References

1. Moiseenko V.G., Jeirish L.V. Zolotorudnye mestorozhdenija Vostoka Rossii. – Vladivostok: Dal'nauka, 1996. – 352 s.
2. Ostapenko N.S. Osnovnye faktory i mehanizmy jendogennoj koncentracii zolota (na primere mestorozhdenij Priamur'ja). Avtoref. dis. dok. geol.-min. nauk. – Blagoveshhensk: IGiP DVO RAN, 2007. – 46 s.
3. Ostapenko N.S., Chuprjaeva N.P., Rozhdestvina V.I., Radomskij S.M. Mineral'nye paragenezisy mestorozhdenija Albyn // Voprosy geologii i kompleksnogo osvoenija prirodnih resursov Vostochnoj Azii. – Sbornik dokladov. – Blagoveshhensk, 2012. – S. 121-123.
4. Ponomarchuk V.A., Sorokin A.A., Buchko I.V. i dr. Argon-argonovaja geohronologija nekotoryh obrazovanij zolotorudnogo mestorozhdenija Malomyr // Voprosy geologii i kompleksnogo osvoenija prirodnih resursov Vostochnoj Azii. – Sbornik dokladov. – T. 1. – Blagoveshhensk, 2014. – S. 162-165.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.139

Францева Н.В.<sup>1</sup>, Войцеховский В.Н.<sup>2</sup>, Савченков С.А.<sup>3</sup>, Бажин В.Ю.<sup>4</sup><sup>1</sup>Менеджер, <sup>2</sup>главный инженер, ООО «Орион-Спецсплав-Гатчина»<sup>2</sup>Аспирант кафедры металлургии,<sup>3</sup>Заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств, доктор технических наук,

Санкт-Петербургский горный университет

**СИНТЕЗ МАГНИЙ-ЦИРКОНИЕВЫХ ЛИГАТУР****Аннотация**

Сплавы на основе магния, которые содержат в качестве легирующих и модифицирующих добавок цирконий и редкоземельные металлы обладают высокой механической прочностью, пластичностью и жаропрочностью. В работе определены технологические принципы использования среднечастотных индукционных печей для плавки лигатур магний-цирконий. Существуют проблемы растворения циркония в расплаве магния. В различных условиях получена лигатура с содержанием цирконий от 17 до 21%. Изучен процесс растворимости циркония при возрастании температуры процесса до 800°С.

**Ключевые слова:** индукционная печь, магний, цирконий, лигатура, синтез.

Franceva N.V.<sup>1</sup>, Wojciechowski V.N.<sup>2</sup>, Savchenkov S.A.<sup>3</sup>, Bazhin V.Yu.<sup>4</sup><sup>1</sup>Manager, <sup>2</sup>Principal engineer, «Orion-Spetssplyav-Gatchina»,<sup>2</sup>Postgraduate student of Metallurgy department, <sup>3</sup>Head of Department of automation technological processes and productions, PhD in Engineering,

Saint-Petersburg Mining University

**SYNTHESIS OF MASTER ALLOYS MAGNESIUM-ZIRCONIUM****Abstract**

Alloys based on magnesium, which contain as alloying and modifying additives of zirconium and rare earth metals have higher mechanical strength, ductility and heat resistance. The study also identified technological principles of the use of medium frequency induction furnaces for melting master alloys magnesium-zirconium. There are problems of dissolution of zirconium in molten magnesium. In different conditions, the resulting master alloys with a zirconium content of from 17% to 21%. Studied the process of solubility of zirconium with increasing process temperature up to 800°С.

**Keywords:** induction furnace, magnesium, zirconium, master alloy, synthesis.

**Введение**

Основными преимуществами магния и сплавов на его основе являются малая плотность, высокая удельная прочность и удельная жесткость, хорошая обрабатываемость резанием, способность поглощать энергию удара и вибрационные колебания. Значимость материалов на основе магния подтверждается положительной динамикой роста производства первичного магния. Мировое производство магния, по оценкам Roskill, увеличилось с 499 тыс. тонн в 2002 году до 915 тыс. тонн в 2014 году, среднегодовой темп роста (CAGR) - 6,1% [1].

Особый интерес представляют сплавы на основе магния, которые содержат в качестве легирующих и модифицирующих добавок цирконий и редкоземельные металлы. Литейные сплавы марок МЛ-11, МЛ-12, МЛ-15, МЛ-17, МЛ-18, МЛ-19 и деформируемые МА-12, МА-14, МА-15, МА-17, МА-19, МА-20, МДЗ-3, ПМД-10 обладают высокой механической прочностью, пластичностью и жаропрочностью [2]. Такие марки сплавов широко используются в авиастроении и ракетостроении, например в конструкциях космических аппаратов по программам: «Восток», «Восход», «Союз», «Луна», «Венера» использованы деформируемые сплавы МА 2-1, МА-12, МА-14 и др [3].

Перспективность применения магниевых сплавов с цирконием подтверждается большим количеством работ как российских [4-6], так и зарубежных ученых [7-9]. Проблема легирования легких сплавов тугоплавкими металлами, в частности РЗМ и цирконием, связана не только с высокой температурой их плавления, но и с их химической активностью – взаимодействием с водородом, кислородом, азотом, алюминием, железом, кремнием, углеродом и другими элементами [10]. В связи с этим представляет научно-технический интерес разработка и уточнение, в рамках существующих технических спецификаций и инструкций мероприятий для производства высококачественной магниевый-циркониевой лигатуры.

В работе приведены результаты исследования по получению лигатур марки МЦр15, методом прямого сплавления компонентов в индукционной печи.

**Особенности производства Mg-Zr лигатур**

Легирование цирконием приводит к уменьшению размера зерна и изменению структуры магниевый сплава. Добавки циркония в магниевый сплавы придают сплаву характерную мелкозернистую структуру, за счет выделения частиц  $ZrMg_3$ , являющихся центрами кристаллизации (Рис.1. а, б).

Сплавлению магния и циркония способствуют их близкие атомные диаметры, следовательно, необходимый для установления устойчивых связей, объемный фактор и одинаковый тип кристаллической решетки.

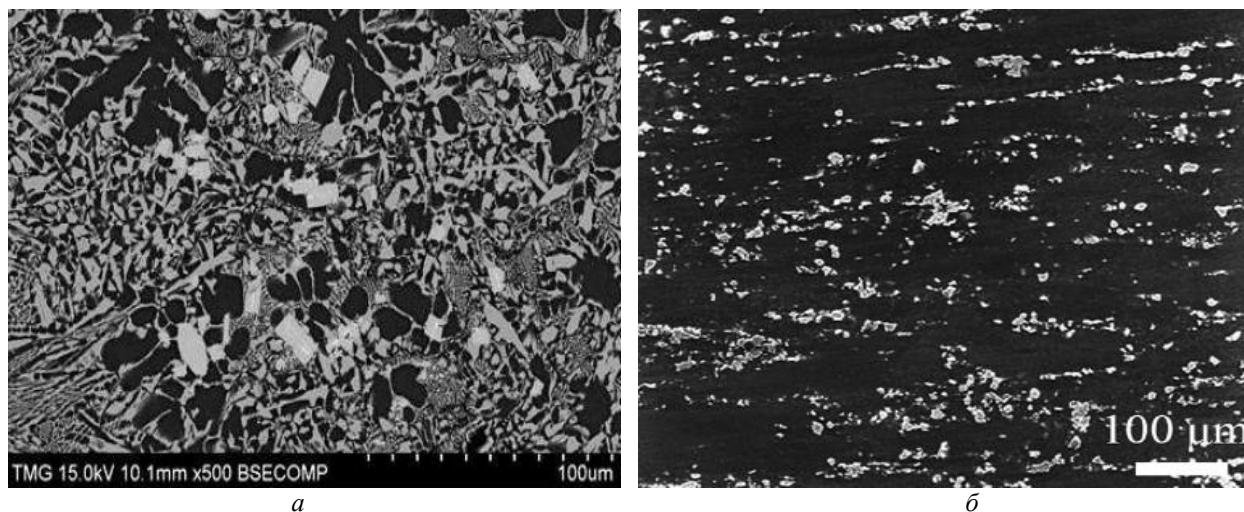


Рис. 1 – Микроструктуры магний-циркониевых лигатур: а – микроструктура сплава Mg-Zn-Zr[9], б - микроструктура сплава Mg-Zn-Zr-Ce[8].

Одной из основных проблем легирования магниевых сплавов цирконием остается проблема введения в сплавы легирующей добавки. До промышленного производства объемы получения и потребления новых сплавов, легированных цирконием и редкоземельными металлами незначительны из-за высокого уровня потерь легирующих компонентов [2].

Ранее магниевые сплавы и лигатуры производились в малоемких стационарных печах. С другой стороны, область применения сплавов на основе магния за последние годы расширилась, увеличился вес фасонной отливки до 800 килограмм и вес слитка при литье. В связи с этим известные способы плавления магниевых сплавов и лигатур не могут удовлетворить возросшие требования. Поставленные задачи можно решить, используя индукционные печи без сердечника со стальным тиглем при работе на промышленной частоте для плавки магниевых сплавов, и применяя наклонно-дозированный способ разливки жидкого металла.

#### Теоретические исследования

Диаграмма состояния системы Mg-Zr приведена на рисунке 2. Со стороны магния при температуре 654° С происходит невариантное превращение перитектического типа.

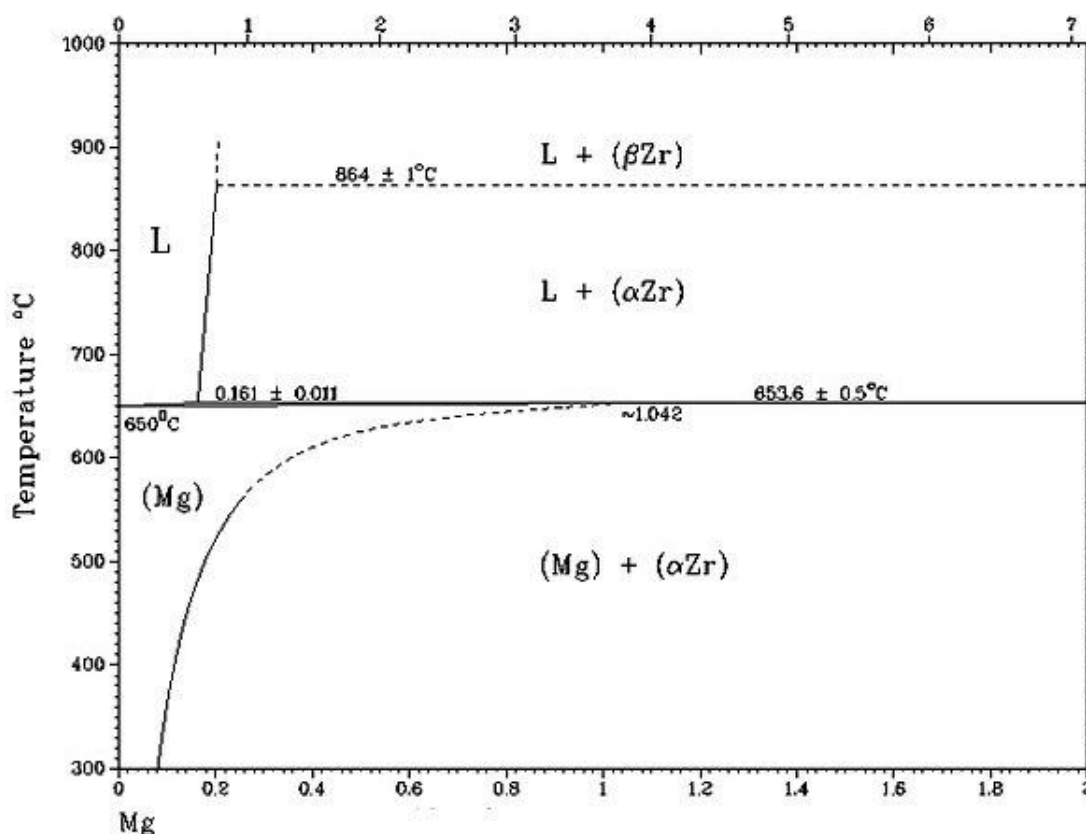


Рис. 2 – Диаграмма состояния системы Mg-Zr [4]

Растворимость циркония в жидком магнии при этой температуре составляет около 0,5%, а в твердом магнии 3,6%. Растворимость циркония в твердом магнии резко уменьшается при снижении температуры и при 300 °С, и составляет около 0,3%. Следует отметить, что в системе нет промежуточных фаз. В твердом состоянии в равновесии с магниевым твердым раствором находится только  $\alpha$  – цирконий, в котором, по-видимому, магний растворяется, но в очень небольшом количестве [11]. По данным работы [2] представлена таблица растворимости циркония в магнии.

Таблица 1 – Изменение растворимости циркония в магнии в зависимости от температуры

Автор	Растворимость, % (мас.), при температуре, °С										
	300	400	500	600	655	700	750	800	850	900	950
Заурвальд	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	0,9	-
Меллор	0,29	0,35	0,6	0,6	-	-	-	0,73	-	-	-
Морхейм	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
Фридляндер	-	0,4	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-
Фоскюхлер	-	0,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Зибель	-	-	-	-	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,35	0,45
Шаум, Бернет	-	-	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-
Абрикосов	-	-	-	-	0,41	-	0,6	-	-	-	-

Известно, что присутствие даже небольших количеств алюминия, кремния, марганца, железа и других металлов резко снижает растворимость циркония в магнии. Максимальная растворимость при температуре 950°С составляет приблизительно 0,9-1,0 % (мас.). При снижении температуры сплава возможна ликвация циркония вследствие уменьшения его растворимости с понижением температуры и значительной разницы в плотностях жидкого магния и первично кристаллизующихся частиц циркония. Наличие в сплаве алюминия, кремния, марганца и железа приводит к образованию устойчивых тугоплавких соединений этих металлов с цирконием и снижению содержания циркония в сплаве [2].

#### Материалы и методика эксперимента

Для получения синтезированных лигатур в качестве шихтового материала использовали магний первичный (ГОСТ 804-93) и цирконий (ТУ 1714-002-00545484-99).

Промышленные испытания проводили на установке ООО «Орион-Спецлав-Гатчина» (г. Гатчина), состоящей из среднечастотной индукционной печи, баллона с элегазом, термопары, и пульта управления печи (рис. 3).

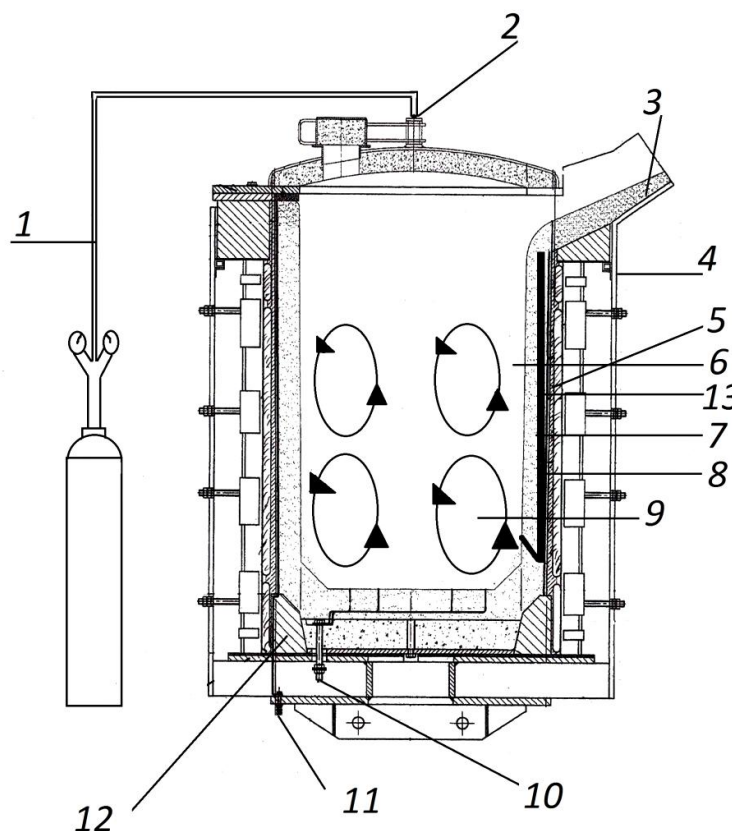


Рис. 3 – Схема установки для получения магниевых-циркониевых лигатур

- 1 – баллон с элегазом; 2 – штуцер подачи газа; 3 – воздушная установка огнеупорного дозатора;  
 4 – цилиндрический корпус; 5 – индуктор; 6 – цилиндрическая рабочая камера (тигель стальной); 7 – огнеупорное покрытие; 8 – плоскость скольжения металла; 9 – индукционные волны; 10 – датчик точки утечки тока в землю;  
 11 – точка подключения тока; 12 – опорный блок; 13 – термопара



Процесс плавки магниевых лигатур осуществляется в среде нейтрального газа – «элегаза» (гексафторид серы SF<sub>6</sub>). Процесс начинали при частоте 1000 Гц, для быстрого плавления материала, по мере повышения уровня жидкого металла проводили переход на частоту 500 Гц. Шихту состоящую порошкового циркония и магния первичного Mg95 смешивали и загружали в печь, далее ее нагревали до температуры 750°-800° С. Полученный расплав рафинировали при непрерывной подачи флюса EMGESAL FLUX 18 в виде порошка плотностью 2,34 г/см<sup>3</sup>. Контроль температуры выполняли при помощи управляющей системы с помощью переносного цифрового термоэлектрического прибора. В это время в тигле индукционной печи происходит перемешивание жидкой ванны в течение 5 – 6 минут. После выдержки снимается загрязненный флюс, берется проба слуга для химического анализа, и поверхность жидкого сплава снова покрывали слоем флюса EMGESAL FLUX 18. Перед разливкой отбирали пробы металлическим кокилем. Разливку сплава проводили в изложницы при помощи трубопровода с дозированным затвором. Потери металла складываются из утара и потерь со шлаком. Наиболее загрязненная часть расплава остается в тигле, и затем при наклоне печи сливается в нижнюю часть. При выполнении операции обнаружено, что на подине остается цирконий, который не растворился во время процесса. В результате получена лигатура МЦр15 с процентом растворимости Zr от 0,4% до 1,1%.

Рентгенофлуоресцентный анализ, полученных образцов магниев-циркониевой лигатуры осуществляли на EDS-спектрометре ED-2000 фирмы Oxford. Проверку качества поверхности и излома слитка проводили визуально, без применения увеличительных приборов.

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате получена лигатура магний-цирконий с различным содержанием циркония (таб. 2).

Таблица 2 – Показатели плавов в зависимости от содержания циркония в лигатуре

Марка лигатуры МЦр 15	Массовая доля, %									
	Основные компоненты		Примеси, не более							
	Mg	Zr	Al	Si	Fe	Ni	Cu	Mn	Cl	Сумма регламент. примесей, не более
	Основа	≥15	≤0.1	≤0.17	≤0.1	≤0.03	≤0.03	≤0.1	≤0.1	
160119	Основа	17.71	0.050	0.048	0.050	0.0011	0.001	0.0074	0.08	0,4
160120	Основа	19.34	0.044	0.039	0.077	0.0018	0.001	0.002	0.05	0,4
160121	Основа	20.28	0.023	0.001	0.055	0.0014	0.001	0.001	0.1	0,4
160125	Основа	17.60	0.046	0.002	0.023	0.0025	0.001	0.002	0.06	0,4
160129	Основа	18.44	0.009	0.002	0.100	0.0055	0.001	0.002	0.1	0,4

Выход циркония в лигатуру составляет 81-87%. В изломе слитка, лигатура однородная в верхней части имеется ликвационный ободок длиной около 15 мм, флюсовые включения, не обнаружены. Лигатуры с содержанием циркония 17-21 % однородны, хорошо разливаются в изложницы, а процесс их получения характеризуется более высоким усвоением циркония. Для лигатуры характерна не дендритная структура, зерна твердого раствора окружены мелкодисперсными фазами интерметаллидов циркония.

### Выводы

Научно-поисковые работы, выполняемые учеными Горного университета совместно с сотрудниками ООО «Орион-Спецсплав-Гатчина», направлены на разработку технологии получения высококачественных лигатур Mg-Zr, позволяющих создать продукт соответствующий мировым стандартам ISO.

Выявлено, что при получении лигатур в процессе плавки необходимо перемешивать расплав индукцией или механическим способом при температуре 800° С в течение 20 минут, что способствует более полному усвоению циркония в лигатуре.

Установлено, что весь процесс должен проходить в защитной среде, под элегазом. Разливку лигатур необходимо производить через пенoкерамические фильтры.

### Литература

1. Отчет Roskill за 2014 год. Мировой рынок магния. Металлический магний: глобальные промышленные рынки и перспективы. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ereport.ru/articles/commod/magnesium.htm>.
2. Белкин Г.И. Производство магниев-циркониевых лигатур и сплавов. М.: Металлургиздат. 2001. С. 216.
3. Волкова Е.Ф. Современные деформируемые сплавы и композиционные материалы на основе магния // Металловедение и термическая обработка металлов. 2006. №11. С. 5-9.
4. Фридляндер И.Н. Современные алюминиевые, магниевые сплавы и композиционные материалы на их основе // Металловедение и термическая обработка металлов. 2006. №11.
5. Волкова Е.Ф. Роль водорода в деформируемых магниевых сплавах системы Mg–Zn–Zr–PЗМ // Е.Ф. Волкова, Г.И. Морозова / Металловедение и термическая обработка металлов. 2008 № 3.
6. Волкова Е.Ф. и др. Воздействие особенностей фазового состава сплавов системы Mg-Zn-Zr на технологические свойства // Новости материаловедения. Наука и техника. 2013. №6. С.2.
7. Chengqi Wang. Improvement in grain refinement efficiency of Mg-Zr master alloy for magnesium alloy by friction stir processing / Journal of Magnesium and Alloys 2. 2014. P. 239-244.

8. Lizi Liu. Microstructure, texture, mechanical properties and electromagnetic shielding effectiveness of Mg-Zn-Zr-Ce alloys / Materials Science Engineering. 2016. P. 259-268.
9. Xin Zhang. Experimental investigation of the Mg-Zn-Zr ternary system / Alloys and Compounds. 2016. P. 1-38.
10. Уридия З.П. и др. Исследование микроструктуры магниев-циркониевой лигатуры и жаропрочного литейного сплава МЛ10. ВИАМ. [Электронный ресурс] URL: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=874](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=874)
11. Напалков В.И. Легирование и модифицирование алюминия и магния / В.И. Напалков, С.В. Махов. М.: МИСИС, 2002. 376 с.

#### References

1. Otchet Roskill za 2014 god. Mirovoj rynek magnija. Metallicheskiy magnij: global'nye promyshlennye rynki i perspektivy. [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.ereport.ru/articles/commod/magnesium.htm>.
2. Belkin G.I. Proizvodstvo magnievo-cirkonievых ligatur i splavov. M.: Metallurgizdat. 2001. P. 216.
3. Volkova E.F. Sovremennye deformiruemye splavy i kompozicionnye materialy na osnove magnija // Metallovedenie i termicheskaja obrabotka metallov. 2006. №11. P. 5-9.
4. Fridljander I.N. Sovremennye aljuminievyje, magnievyje splavy i kompozicionnye materialy na ih osnove // Metallovedenie i termicheskaja obrabotka metallov. 2006. №11.
5. Volkova E.F. Rol' vodoroda v deformiruemых magnievyх splavah sistemy Mg-Zn-Zr-RZM // E.F. Volkova, G.I. Morozova / Metallovedenie i termicheskaja obrabotka metallov. 2008 № 3.
6. Volkova E.F. i dr. Vozdejstvie osobennostej fazovogo sostava splavov sistemy Mg-Zn-Zr na tehnologicheskie svojstva // Novosti materialovedenija. Nauka i tehnika. 2013. №6. P.2.
7. Chengqi Wang. Improvement in grain refinement efficiency of Mg-Zr master alloy for magnesium alloy by friction stir processing / Journal of Magnesium and Alloys 2. 2014. P. 239-244.
8. Lizi Liu. Microstructure, texture, mechanical properties and electromagnetic shielding effectiveness of Mg-Zn-Zr-Ce alloys / Materials Science Engineering. 2016. P. 259-268.
9. Xin Zhang. Experimental investigation of the Mg-Zn-Zr ternary system / Alloys and Compounds. 2016. P. 1-38.
10. Uridija Z.P. i dr. Issledovanie mikrostrukturny magnievo-cirkonievой ligatury i zharoprochnogo litejnogo splava ML10. VIAM. [Elektronnyj resurs] URL: [http://viam-works.ru/ru/articles?art\\_id=874](http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=874)
11. Napalkov V.I. Legirovanie i modifitsirovanie aljuminija i magnija / V.I. Napalkov, S.V. Mahov. M.: MISIS, 2002. 376 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.153

Хайловский В.Н.<sup>1</sup>, Ушивцева Л.Ф.<sup>2</sup>, Родионовская Т.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Главный геолог АО «Октопус», <sup>2</sup>Доцент кафедры геологии, гидрогеологии Астраханского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, <sup>3</sup>геолог АО «Октопус»

#### ЗОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ФЛЮИДОПРОНИЦАЕМОСТИ КАК ФАКТОР ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН АГКМ

#### Аннотация

Статья посвящена анализу причин осложнений, возникающих при вскрытии надсолевой, солевой и подсолевой частей разреза Астраханского ГКМ. Установлено, что на возникновение ряда осложнений оказывает ряд факторов: как природного (соляной тектогенез, наличие вязких пластичных солей и глин, трещиноватость), так и техногенного характера (скорость СПО, производительность насосов, высокие плотности бурового и цементного растворов, наведенное давление). Выявлено пять основных интервалов поглощений в разрезе месторождения и рассмотрены причины их возникновения. В статье также приведены рекомендации по предупреждению возможных осложнений.

**Ключевые слова:** осложнения, рапопроявления, газопроявления, трещиноватость, флюидопроницаемость, соляной тектогенез, проницаемость, аномальные зоны.

Hailovsky V.N.<sup>1</sup>, Ushitseva L.F.<sup>2</sup>, Rodionovskaia T.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chief geologist of company "Octopus", <sup>2</sup>Associate Professor, Department of Geology, Hydrogeology of Astrakhan State University, candidate of geological –mineralogical sciences; <sup>3</sup>geologist of company "Octopus"

#### ZONES OF EXCESSIVE FISSURING AND FLUID PERMEABILITY AS FACTOR OF DRILLING PROBLEMS ON THE ASTRAKHAN GAS CONDENSATE FIELD

#### Abstract

This article analyzes the causes of complications arising from the drilling-in of supra-salt, salt and sub-salt parts of the section of the Astrakhan gas condensate field.

It has been established that the complications arise due to a number of factors: natural (salt tectogenesis, the presence of viscous plastic of salts and clays, fissility), and manmade (the speed of RIH/POOH operations, the discharges capacity, high drilling mud density and cementing fluids, the induced pressure).

Five main intervals of the complications in the section of the field are identified and the causes of their formation are done. The article also provides recommendations for the prevention of the possible complications.

**Keywords:** complications, brine-shows, gas shows, fissility, fluid permeability, salt tectogenesis, openness, anomalous zone.

Как известно, контроль горно-геологических условий участков заложении новых скважин, является неотъемлемой частью геологического мониторинга процесса строительства и ликвидации, способствуя повышению качества вскрытия геологического строения и прогноза возможных осложнений в процессе бурения.

Несмотря на значительное количество пробуренных скважин на Астраханском ГКМ, безаварийной проходки скважин пока не удается достичь, что обусловлено горно-геологическими условиями, интенсивно проявившимся соляным тектогенезом; литологическим составом и механическими свойствами пород; недостаточной изученностью участков заложения скважин [1].

Характер осложнений показал, что наиболее часто отмечаются: осыпание и обвалы стенок скважин палеогеновых и верхнепермско-триасовых глин, рапопроявления в соленосной толще кунгура; газопроявления из филипповских и башкирских отложений, поглощения глинистого раствора в надсолевой, солевой и подсолевой частях разреза (рис.1). Причем, в одной скважине могут фиксироваться несколько осложнений одновременно.

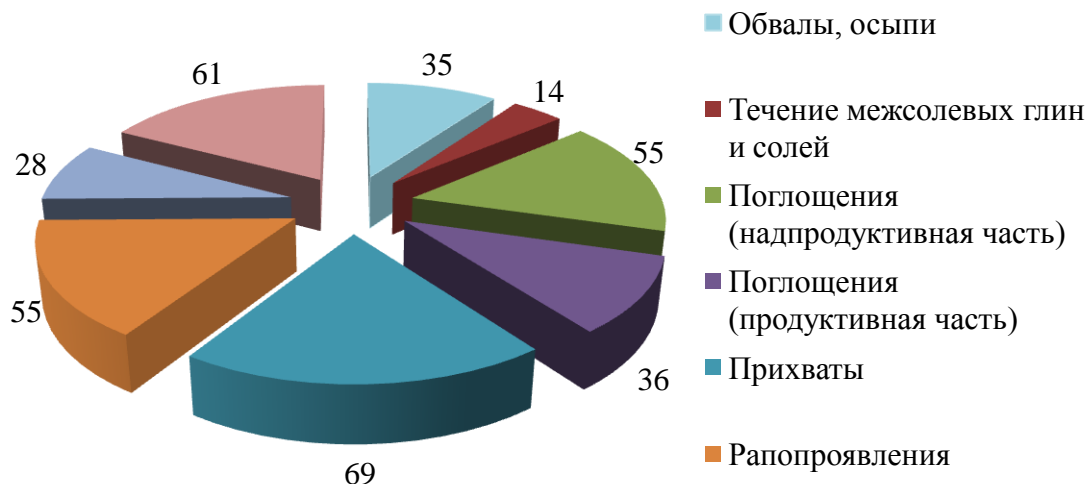


Рис. 1 – Распределение осложнений по скважинам разбуренной части АГКМ

Большая часть осложнений приходится на поглощения глинистого раствора обусловленных, геологическими (наличие каверн, тектонических нарушений, трещиноватости) и технологическими факторами (скорость СПО, механическое воздействие, избыточные давления), на ликвидацию которых тратятся значительное время, средства, химреагенты.

Анализ поглощений при строительстве скважин позволили выделить пять основных интервалов их проявления:

1. Поглощения в надсолевой толще от частичных до с полной потерей циркуляции отмечены при вскрытии четвертичных, юрско-меловых и триасовых отложений в 55 случаях при наличии высокопористых песчаников юры и мела, трещиноватых известняков триаса с хорошей проницаемостью.

2. Поглощения при вскрытии межсолевых пропластков более чем в 20 скважинах, обусловлены преобладающей повышенной трещиноватостью, значительной поровой и трещинной проницаемостью. При вскрытии отдельных из них отмечены рапопроявления, ликвидируемые утяжелением плотности бурового раствора, что приводит к микрогидроразрыву, а затем к поглощению, борьба с которыми нередко приводит к ликвидации скважин. Так, в скважине № 4438 при ликвидации рапопроявления объем поглощения составил 1063,5 м<sup>3</sup>, что обусловлено наличием порово-трещинных коллекторов и высокая плотность раствора 2,03 г/см<sup>3</sup>, которая сначала обусловила гравитационное замещение флюидов, а затем при увеличении ее до 2,17 г/см<sup>3</sup> и создании наведенного давления (65,1 МПа) и микрогидроразрыв пласта.

3. Поглощения от частичных до полной потери циркуляции, в процессе подготовки к спуску, при спуске и промывке 244,5 и 168,3 мм колонн. Спуск бурового инструмента с высокой скоростью приводит к развитию дополнительных гидравлических давлений в стволе, и раскрытию трещин в породах раскрытостью до 20 мм и протяженностью до несколько метров [3]. Буровые и цементные растворы с повышенной плотностью, проникая из ствола скважины в пласт с низкой прочностью под действием избыточного давления, вызывают микрогидроразрыв пласта и поглощения объемы которых превышают 1000 м<sup>3</sup>.

4. Поглощения возникающие одновременно с газопроявлениями при вскрытии филипповских известняков и маломощных трещиноватых известняков сакмарско-артинских отложений. Филипповский горизонт, представленный двумя маломощными (не более 15 м) нефтегазонасыщенными пластами известняков с низкими ФЕС, коэффициентами аномальности 1,7-1,8 представляет собой литологически ограниченные линзовидные резервуары с небольшим запасом пластовой энергии. Вскрытие этих отложений совместно с кунгурскими на утяжеленном буровом растворе, вероятно, создает забойное давление, превышающее давление гидроразрыва пород; при отсутствии порового коллектора происходит раскрытие микротрещин и поглощение [2].

5. Поглощения, возникающие при вскрытии зоны разуплотнения коры выветривания между сакмарским и башкирским ярусами, и вскрытии продуктивной толщи обусловлены:

- наличием высокопористых, трещинно-кавернозных коллекторов с наличием открытых трещин;
- разوناпорностью пластов;
- превышение забойного давления над пластовым.

Поглощения в продуктивной толще, представленной фильтрационно-емкостными неоднородностями известняков, могут быть обусловлены разонапорностью пластов (с различными коэффициентами аномальности). При этом давления, полученные по текущим картам изобар, построенных по замерам динамических устьевых и забойных

давлений ниже пластовых давлений в тонкопоровых коллекторах, что доказано на Оренбургском НГКМ и Карачаганакском ГКМ, где величины разوناпорности превышают 7 МПа [3].

Наличие в продуктивной толще разوناпорных пластов и пластов с улучшенными ФЕС с меньшими пластовыми давлениями по сравнению с тонкопоровыми коллекторами, обуславливает рост эффективных напряжений в скелете коллектора и повышает риски поглощений. По фактическим замерам давлений коэффициент аномальности в продуктивной толще по скважинам АГКМ не превышает 1,10-1,45, а по отдельным скважинам составляет 1,05. С целью предупреждения поглощений за 100 м до вскрытия продуктивной толщи в проектируемой скважине плотность бурового раствора следует уточнять с учетом изменения текущих пластовых давлений в процессе разработки АГКМ.

Сложное строение порово-трещинного коллектора АГКМ, обусловлено высокой степенью вторичного преобразования различной направленности, с развитием вторичных пор выщелачивания при совместном влиянии тектонического и литологического факторов [4]. При вскрытии в кровельной части известняков с низкой пористостью (менее 6%), высокой трещинной проницаемостью  $0,5-200 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, коллекторов трещинно-кавернозного типа, на что указывают их низкое сопротивление 8-11 Омм, высокая до 23-67% (по АК) и до 40% (по НК) пористость с наличием открытых трещин способствовало поглощению раствора более чем в 36 скважинах с объемами от 50 до 1500 м<sup>3</sup> и более. Наличие такого типа коллекторов подтверждается разрезами скважин № 84 (при вскрытых 5 м коллекторов дебит составил 700 тыс.м<sup>3</sup>/сут). Именно трещиноватость в пористых и плотных низкеемких породах башкира, играет ведущую роль в фильтрации флюидов на месторождении, обеспечивая единство газодинамической системы залежи.

Наиболее значимые поглощения отмечены при вскрытии башкирской толщи в скважине № 87 (объем поглощения- 1470,3 м<sup>3</sup>), скважине № 203 (объем поглощения- 3611,4 м<sup>3</sup> с падением уровня 440 м от устья), скважине дублере № 9926 (объем поглощения-1450 м<sup>3</sup>) и др.

Анализ осложнений показывает, что скважины с наличием поглощений попадают в зоны трещиноватости (разуплотнения), выделенные ранее рядом авторов (Григоровым В.А, 1989 г., Гладковым В.И., 1992 г., В.В. Пыхаловым, 2004 и др.), пространственно совпадающих с зонами линейно прослеживающихся тектонических нарушений и повышенной флюидопроводимости, т.е. к участкам пересечения трещинных зон и древних разрывных нарушений различного генезиса, залеченных кальцитом [4]. К таким участкам тяготеют наиболее высокопродуктивные скважины АГКМ и ореолы повышенных значений атмогеохимических полей (радона и гелия) (рис. 2).

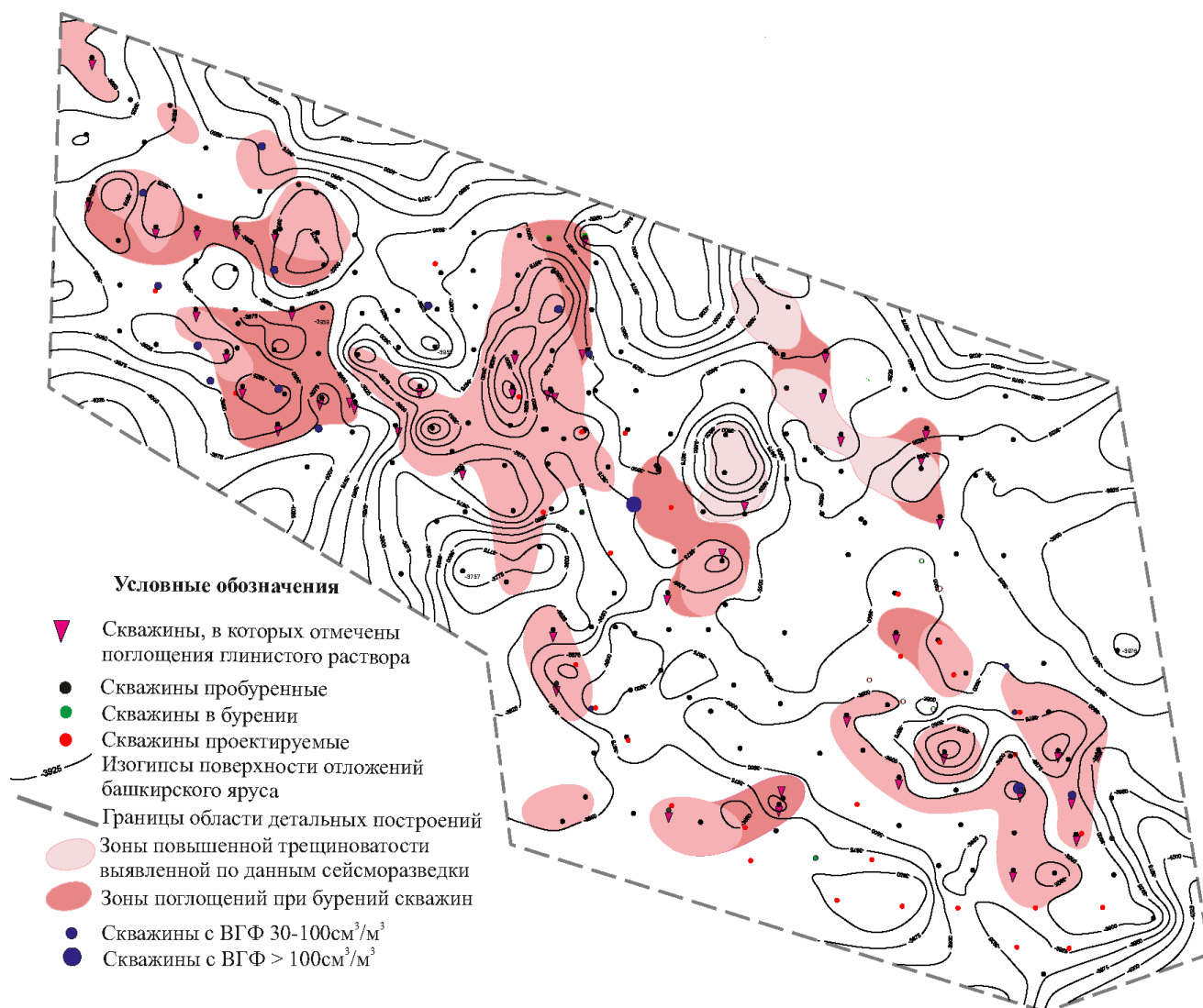


Рис. 2 – Схема распределения аномальных зон продуктивного коллектора по данным сейсморазведки

**Выводы:** 1) Существование зон трещиноватости и повышенной флюидопроводимости в пределах АГКМ свидетельствует о нестабильном напряженно-деформационном состоянии земной коры в пределах данной территории, как в историческое, так и в настоящее время; увеличивает риск поглощения бурового раствора и вероятность поступления подошвенных вод, что побуждает избегать их при выборе точек заложения новых эксплуатационных скважин.

2) При обеспечении проводки скважин без осложнений (без поглощений и кольтматации поровой матрицы в башкире, с минимальной гидростатической нагрузкой, малыми объемами СКО, невысокими депрессиями при освоении) в таких зонах можно длительное время получать высокие дебиты углеводородной смеси.

3) В скважинах с катастрофическими поглощениями при освоении продуктивной толщи получены притоки пластовой воды, что может свидетельствовать об активизации залеченных кальцитом древних тектонических нарушений, служащих путями миграции флюидов.

4) Наличие в разрезе месторождения разнотипных пластов определяет сложность выбора гидравлических и гидродинамических параметров их вскрытия и подбора реологических параметров промывочной жидкости, доведения скважины до проектной глубины.

5) В целях повышения эффективности разработки месторождения и промышленной безопасности важным является изучение глубинных разломов, зон разуплотнения и зон повышенной флюидопроводимости с применением ряда методов включающих:

- сейсморазведку 2Д и 3Д, пластовую наклонотрию для определения азимутальной направленности трещин, скважинную наземную электроразведку, вертикальное сеймопрофилирование, пассивные микросейсмические методы (НСЗ), геохимические съемки (радоновую, гелиевую, углеводородную).

#### Литература

1. Бродский А.Я., Захарчук В.А. Тектоно-седиментационные особенности продуктивного резервуара АГКМ // Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений: Труды АНИПИГаза – Астрахань: ИПЦ «Факел», 2004. – № 6. – С. 16-19.

2. Захарчук В.А., Ушивцева Л.Ф. Основные критерии оптимального размещения эксплуатационных скважин. // Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений: Труды АНИПИГаза – Астрахань: ИПЦ «Факел», 2004. – № 7. – С.21-23.

3. Касьянова Н.А. Вылегжанина А.С., Кирика Д.Д. и др.. Роль трещиноватости горных пород в формировании УВ залежей в пределах Николаевско-Городищенской предбортной ступени западного борта Прикаспийской впадины М.: Геология нефти и газа, № 4, 2009. С. 10-16.

4. Постнов А.В., Рамеева Д.Р., Ширягин О.А. Методы выявления зон повышенной тектонической трещиноватости и флюидопроницаемости в процессе мониторинговых исследований на АГКМ. //Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений: Труды АНИПИГаза – Астрахань: ИПЦ «Факел», 2004. – № 5. – С. 39-43.

#### References

1. Brodskij A.Ja., Zaharchuk V.A. Tektono-sedimentacionnye osobennosti produktivnogo rezervuara AGKM //Razvedka i osvoenie nefjtjanyh i gazokondensatnyh mestorozhdenij: Trudy ANIPIGaza – Astrahan': IPC «Fakel», 2004. – №6. – S. 16-19.

2. Zaharchuk V.A., Ushivceva L.F. Osnovnye kriterii optimal'nogo razmeshhenija jekspluatacionnyh skvazhin. // Razvedka i osvoenie nefjtjanyh i gazokondensatnyh mestorozhdenij: Trudy ANIPIGaza – Astrahan': IPC «Fakel», 2004. – № 7. – S.21-23.

3. Kas'janova N.A. Vylegzhanina A.S., Kirika D.D. i dr.. Rol' treshhinovosty gornyh porod v formirovanii UV zalezhej v predelah Nikolaevsko-Gorodishhenskoj predbortovoj stupeni zapadnogo borta Prikaspijskoj vpadiny M.: Geologija nefiti i gaza, № 4,2009. S. 10-16.

4. Postnov A.V., Rameeva D.R., Shirjagin O.A. Metody vyjavlenija zon povyshennoj tektonicheskoy treshhinovosty i fljuidopronicaemosti v processe monitoringovyh issledovanij na AGKM. //Razvedka i osvoenie nefjtjanyh i gazokondensatnyh mestorozhdenij: Trudy ANIPIGaza – Astrahan': IPC «Fakel», 2004. – № 5. – S. 39-43.

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ / SCIENCE ABOUT THE EARTH

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.068

Горелов П.В.<sup>1,2</sup>, Шкабарня Н.Г.<sup>1,3</sup>, Нагорнова Н.А.<sup>1</sup><sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, <sup>2</sup>Геофизическая служба Российской Академии Наук (г. Владивосток), <sup>3</sup>доктор технических наук, заведующий лабораторией Института горного дела ДВО РАН, профессор

## АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ И РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

## Аннотация

Рассмотрены тектонические нарушения и современная сейсмическая активность на территории Приморского края. Для изучения тектонических нарушений предлагается использовать современные геофизические технологии. Приведены сведения о проявлениях сейсмической активности за последние восемь лет. В заключении даны рекомендации по детальному изучению тектонических нарушений, с определением физических свойств горных пород и пространственного расположения границ разломов.

**Ключевые слова:** землетрясения, геофизические технологии, зоны возможных очагов землетрясений, разломы, мелкофокусные и глубокофокусные землетрясения.

Gorelov P.V.<sup>1,2</sup>, Shkabarnya N.G.<sup>1,3</sup>, Nagornova N.A.<sup>1</sup><sup>1</sup>Far Eastern Federal University, <sup>2</sup>Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok), <sup>3</sup>PhD in Engineering, Head of Laboratory of the Institute of Mining of Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Professor

## ANALYSIS OF SEISMIC ACTIVITY AND FAULTS PRIMORYE

## Abstract

Considered tectonic faults and modern seismic activity in the Primorye Territory. To study the tectonic disturbances are encouraged to use modern geophysical technology. The information about the manifestations of seismic activity in the past eight years. In conclusion, recommendations for a detailed study of tectonic disturbances, with the determination of the physical properties of rocks and spatial boundaries of the location of faults.

**Keywords:** earthquake, geophysical technology, areas of possible sources of earthquakes, faults, shallow-focus and deep-focus earthquakes.

Землетрясения являются одним из наиболее опасных природных процессов на Земле. По количеству жертв и разрушений они занимают одно из первых мест. Проанализировав сейсмические события, было выявлено, что на территории Приморского края свыше 40 лет не наблюдалось ощутимых землетрясений. Оценка сейсмической интенсивности в данном регионе на основании комплекса карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 по шкале MSK не превышает 8 баллов. Однако в течение последних десяти лет наблюдалось повышение сейсмической активности, а так же расширение её географии.

В связи со строительством и эксплуатацией нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», газопровода, нефтеперерабатывающего комплекса и других энергетических объектов на побережье, а также многих объектов на суше, требуется оценка возможных землетрясений и влияние их на эти объекты. Среди этих объектов наибольшую опасность, при землетрясениях, безусловно, вызывают предприятия нефтяной промышленности. Поэтому основным назначением данной работы является оценка современной сейсмотектонической активности в крае и особенно на территориях строительства объектов энергетики.

Приморский край находится в «активной переходной зоне» [3] от Евразийского континента к Тихому океану. В крае преобладают современные эндогенные и экзогенные процессы, отличающиеся своей разновидностью и различной степенью активности [1, 2, 6, 7]. Сведений о современных вертикальных и горизонтальных движениях земной коры и возникновении в результате этих движений тектонических нарушений на этой территории мало и они противоречивы.

Центральный Сихотэ-Алинский разлом четко делит территорию Приморья на западную и восточную часть. Западная часть и близлежащие районы Китая это южная оконечность грандиозного рифтового пояса, протягивающаяся от Магадана до Восточно-Корейской впадины. Это область растяжения земной коры в системе сдвигов Тан-Лу и Центрального разлома. Восточная часть представляет собой сводно-горстовые поднятия с гранитным ядром. По геодинамической обстановке – это возрожденный грабен с глыбовыми движениями, вызванными изостатическими процессами.

По количеству проявлений современных активизированных тектонических нарушений выделены три зоны: Ханкайская (Западная), Сихотэ-Алинская (Восточная), разделенные Центральной зоной.

Ханкайская зона шириной более 100 км протягивается от территории КНДР до Хабаровска, с востока граница зоны нечеткая и находится поблизости от активизированного Приморского разлома. Здесь преобладают структуры опускания, представленные кайнозойскими впадинами. Четвертичные осадконакопления унаследованы с палеогена-неогена.

В Ханкайской зоне мощность земной коры в среднем составляет 35 км. В кору входят до 8-9 слоёв с разными значениями скоростей продольных волн в диапазоне 5-7 км/с. В гравитационном поле хорошо выделяются положительные аномалии силы тяжести. Также присущи сильные положительные магнитные аномалии, соответствующие обширным по площади выступам кристаллического фундамента.

Центральная зона шириной до 120 км на юге выклинивается севернее Хабаровского края. С востока она ограничена Центральным разломом. В пределах зоны развиты системы долин-грабенов, выполненных плейстоценовыми и голоценовыми осадками. Практически все структуры зоны контролируются активизированными

продольными протяжёнными разломами. Зона сложена сильно дислоцированными юрско-нижнемеловыми аккреционными комплексами с тенденцией чешуйчатого надвига на запад.

Геодинамические процессы развивались в четвертичный период в основании редких разрозненных поднятий, в небольшом опускании фрагментов долин-грабен и широком распространении протяжённой зоны активизированных разломов, в особенности в южной части. Тектонические нарушения вытягиваются, как правило, в северо-восточном направлении.

В гравитационном поле области увеличения мощности осадочного чехла отмечаются высокими отрицательными аномалиями. Магнитные поля характеризуются отрицательными и положительными локальными аномалиями.

*Восточная (Сихотэ Алинская) зона* шириной 60-100 км расположена восточнее Центрального разлома и протягивается от посёлка Преображения к северу на расстояние 800 км. В северной части зоны преобладают высокоамплитудные поднятия (до 2000 м), достигающие размеров в диапазоне от 50 до 80 км. К югу поднятия по размерам уменьшаются, но численность увеличивается. Поднятия образованы сильно ороговикованными породами, свидетельствующими о залегании в их основе интрузий гранитоидов, выходы которых отмечаются на склонах.

Зона сложена складчатыми нижнемеловыми комплексами с блоками палеозойских и раннемезозойских образований. Поперечные структуры имеют раздвиговую природу и ограничены сбросами. На всём протяжении зона сильно была омоложена в четвертичный период, разбита поперечными субширотными разломами с реликтовыми кайнозойскими впадинами между ними. Активизированные четвертичные разломы и палеосейсмодислокации получили широкое распространение, однако их простирание соответствует северо-восточному и субширотному направлениям.

В образовании крупных геологических структур регионального уровня основную роль играли горизонтальные движения [6,7] с незначительной долей сбросовой составляющей. Для структур низшего уровня большое значение имели сбросовые движения.

Для выделения, перекрытым осадочным слоем, крутопадающих границ между блоками верхней части литосферы следует проводить инженерно-геологические изыскания и мониторинговые наблюдения с использованием современных геофизических методов в комплексе с единичными скважинами.

Эти методы включают электрическую томографию, малоглубинную сейсморазведку и георадиолокацию. Они способны гарантировать почти непрерывное определение физических параметров геологической среды (диэлектрическая проницаемость, удельное электрическое сопротивление, скорости упругих волн, поляризуемость) по трем координатам, а при мониторинговых наблюдениях по четырем - ( $x, y, z, t$ ). В местах бурения скважин устанавливается связь физических параметров с водно-физическими и физико-механическими, которые позволяют построить детальные геологические разрезы с выделением тектонических нарушений. Исследования с помощью геофизических методов предусматривают решения двух целевых задач. Первая обеспечивает выделение границ, по которым происходит смещение блоков. Плоскость или поверхность смещения определяется по изменению физических параметров по обе стороны от границы.

При решении второй задачи разрывные нарушения можно рассматривать как особые геологические структуры, мощности и специфические петрофизические свойства. Мощности варьируют от сантиметров до сотен метров, причём в зоне тектонического нарушения может быть несколько разломов. Петрофизические свойства в зонах дробления пород определяются составом, степенью переработки материала, режимом и минерализацией подземных вод. В этих зонах, как правило, горные породы характеризуются низкими удельными сопротивлениями, поляризуемостью, плотностью, скоростями упругих волн и магнитной восприимчивостью.

Особенностью сейсмичности Приморского края являются наличие землетрясений с разными глубинами расположения очагов и связанное с ними разломно-блоковое строение. Следовательно, тектонические движения здесь были, и будут происходить, когда отдельные блоки литосферы перемещаются относительно друг друга по разрывным нарушениям.

В данный момент накоплен большой объем материалов о сейсмической активности Приморского края и составлена карта исторических землетрясений масштаба 1:1000000 – 1:2000000 [6]. В результате анализа материалов определены наиболее опасные в сейсмическом отношении районы.

В течение последних полтора столетия на территории края и вблизи него произошло свыше 370 землетрясений и это лишь малая доля известных нам. Основная часть является глубокофокусными, но так же выявлено свыше 60 коровых землетрясений. Однако на территории края мелкофокусные землетрясения единичны и разбросаны по всему региону, кроме целой серии землетрясений 1962–1967 гг. расположенной в оз. Ханке. Они составляют линейный ряд субширотного простирания.

Основная часть зарегистрированных землетрясений произошла в акватории Японского моря. За последнюю сотню лет на территории Приморского края и Японского моря отмечались сильные землетрясения с магнитудой 7–8, которые сопровождалась цунами на всём побережье Приморского края, достоверно известно о шести случаях проявления цунами [5]. Основная часть известных землетрясений являются глубокофокусными и расположены в беспорядочном состоянии. Однако можно отметить ряд скоплений, часть из которых находятся в непосредственной близости от тектонических нарушений.

Слабоинтенсивные землетрясения, в основном, распространены в западном Приморье, образуя линейные группы и гнездовые скопления. Основываясь картой сейсмически опасных районов Приморья (рис. 1), которая составлена с использованием данных информации [6], следует, что землетрясения происходили на всей территории Приморского края и его побережья. Известно о скоплении землетрясений в Лазовском, Хасанском, Тернейском и в Пожарском районах, а также в Артёмовском городском округе и вблизи о. Ханка.

На карте-схеме (рис. 1) явно заметно проявление глубокофокусной сейсмической активности, и в большей мере это наблюдается в южной и западной части Приморья. В южной части края глубокофокусные и мелкофокусные землетрясения приурочены к оконечности шельфа. Просматривается уменьшение глубин очагов с запада на восток с



650 до 300 км. На этой территории отмечаются наиболее мощные землетрясения ( $M > 6,5$ ). Следует также отметить, что в Приморье отмечаются значительные по площади ( $60 \times 80$  км) территории, где никогда не было землетрясений.

Сопоставление карт новейшей тектоники и инструментальных современных землетрясений позволяет отметить следующие особенности. Мелкофокусные землетрясения в западной части края сосредоточены преимущественно по бортам остаточных горстов среди впадин или на их перемычках. В результате можно вывести связь современных мелкофокусных землетрясений с рифтогенными процессами. Главной причиной проявления сейсмической активности может являться растяжение земной коры с возникновением сбросов и сдвигов, поэтому они сравнительно слабые и умеренной силы.

На сегодняшний день работают четыре современные цифровые сейсмические станции, которые в круглосуточном режиме регистрируют современные землетрясения: VLAR (Владивосток), MSH (мыс Шульц), TEY (Терней), GRTR (Горнотаёжное), а так же готовится к установке ещё одна - HSN (Хасан).

Известно, что с 2007 г. и по настоящее время в Приморском крае и прилегающей территории, произошло около 60 землетрясений. Основная часть была зафиксирована у побережья Приморья, в Японском море и в приграничной территории с Китаем. На территории края не было зафиксировано сильных землетрясений и в среднем не превышает магнитуду 6, однако большая часть являются глубокофокусными, которые не являются угрозой. Всё же следует отметить, что география землетрясений на территории края расширяется о чем свидетельствуют землетрясения в Кировском районе, произошедшее в 2014 году, Прибрежное (2008 г.) и землетрясение вблизи г. Находки (2013-2015 г.). Оценка влияния современных землетрясений также требует дополнительных исследований.

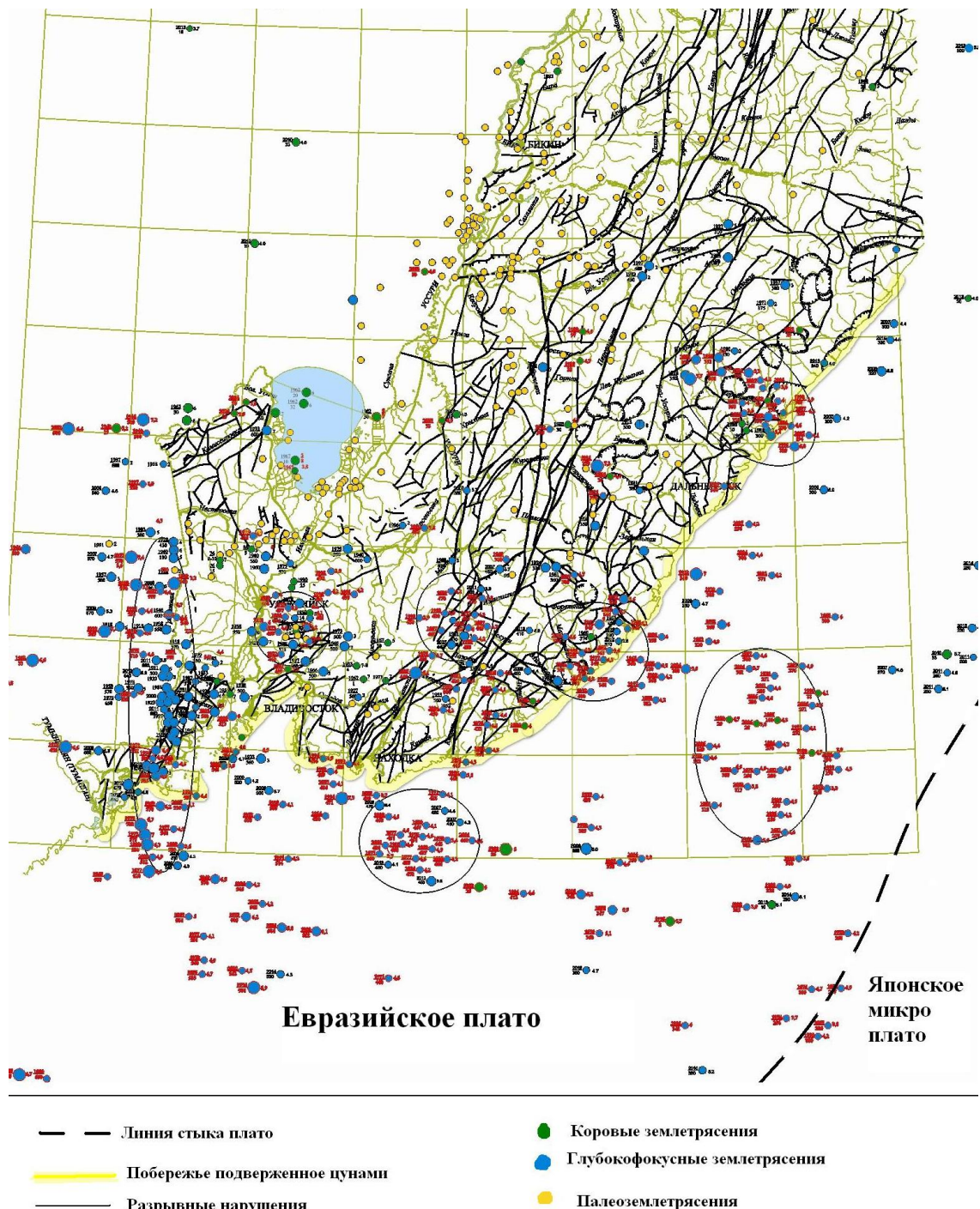


Рис. 1 – Карта-схема сейсмически опасных районов Приморского края.

В дальнейшем рекомендуем детальное изучение элементов залегания и изменений физико-механических свойств горных пород на участках тектонических нарушений, обязательное ведение мониторинговых наблюдений с использованием современных геофизических технологий в комплексе с единичными инженерно-геологическими скважинами. Важно на участках с повышенной опасностью с тектоническими нарушениями проводить уточнение сейсмической активности с оценкой влияния землетрясений на площадях с населёнными пунктами. Для обеспечения детального сейсмического мониторинга следует увеличить количество сейсмических станций, поскольку расстояния между имеющимися довольно велико.

#### Литература

1. Аббасов П.А., Шкабарня Н.Г., Шкабарня Г.Н. Опасные геологические процессы на Приморском участке трассы нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий океан»/ Научные труды РААСН. В 2-х т. – М. Иваново: изд. РААСН, 2010. С. 28-37.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в кн / под ред. А.И.Ханчука. – Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн 1. С. 1 – 572; Кн 2. С. 573 – 981.
3. Геоморфология зон перехода от континентов к океанам. М.: Наука, 1992. 239 с.
4. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г. Современная сейсмическая активность Приморского края // Вестник Инженерной школы ДВФУ. Научно-технический электронный журнал. ISSN 2227-6858. Эл № ФС77-547423.
5. Горелов П.В., Шкабарня Н.Г., Иванов Р.О. Цунамигенная обстановка у берегов Приморского края. // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 2-4 (33). С. 76-78.
6. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология и сейсмическая опасность Приморского края Вестник ДВО РАН. 2006. № 3 С.76-84.
7. Органова Н.М. Сейсмическое проявление современных движений юга Дальнего Востока и сопредельных территорий // Современные движения земной коры. М.: Радио и связь. 1982. С. 103-108.

#### References

1. Abbasov PA, Shkabarnya NG Shkabarnya GN Dangerous geological processes on the part of the route Primorsky oil pipeline "Eastern Siberia-Pacific Ocean" / Publications RAASN. In 2 tons - M. Ivanovo. Ed. RAASN, 2010. P. 28-37.
2. Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia: in the book / ed. A.I.Hanchuka. - Vladivostok: Dal'nauka 2006 Kn 1 S. 1 - 572; KH 2. S. 573 - 981.
3. Geomorphology zones of transition from the continents to the oceans. M.: Nauka, 1992. 239 p.
4. Gorelov PV Shkabarnya NG Modern seismic activity // Herald of the Primorsky Territory FEFU School of Engineering. Scientific and technical e-zine. ISSN 2227-6858. E number FS77-547423.
5. Gorelov PV Shkabarnya NG, Ivanov RO Tsunamigenic situation off the coast of Primorye. // International Research Journal. 2015. № 2-4 (33). S. 76-78.
6. Oleynikov AV, Melnikov NA Paleo seismology and seismic risk of the Primorsky Territory Bulletin FEB RAS. 2006. № 3 S.76-84.
7. Organova NM Seismic expression of contemporary movements of the south of the Far East and adjacent territories // Current crustal movement. M.: Radio and communication. 1982. pp 103-108.



# AGRIS

*Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.*

*Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.*

**AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology)** – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.183

Карпенко Н.П.<sup>1</sup>, Фуругян М.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6638-149X, Доктор технических наук,

Российский государственный аграрный университет РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

<sup>2</sup>кандидат физико-математических наук,

ВЦ им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ МИГРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД****Аннотация**

В статье рассмотрено применение операционных математических методов для оценки миграционных параметров водоносных горизонтов при работе водозабора. Разработана методика оценки миграционных параметров водоносного пласта с использованием метода интегральных преобразований Лапласа (Лапласа-Карсона). По предложенной методике по данным режима эксплуатации конкретного водозабора определены основные миграционные параметры, которые могут использоваться при гидрохимических прогнозах на водозаборе.

**Ключевые слова:** водозабор, метод интегральных преобразований, миграционные параметры.

Karpenko N.P.<sup>1</sup>, Furugyan M.G.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-6638-149X, PhD in Engineering,

Russian State Agrarian University-MSHA named after K.A. Timiriazev,

<sup>2</sup>PhD in Physics and Mathematics,

VTS named after A.A. Dorodnicyn FIZ «Information and Management» of the RAS

**USING INTEGRATED METHODS THE MIGRATION TASK GROUNDWATERS****Abstract**

In the article application of operating mathematical methods is considered for the estimation of migratory parameters of aquiferous horizons during work of water intake. Methodology of estimation of migratory parameters of aquiferous layer is worked out with the use of method of integral transformations of Laplace (Laplace-Karsona). On an offer methodology from data of the mode of exploitation of certain water intake basic migratory parameters that can be used for hydrochemical prognoses on a water intake are certain.

**Keywords:** water intake, method of integrated transformations, migration parameters.

Информационное обеспечение гидродинамических и гидрогеоэкологических прогнозов является одной из наиболее сложных и актуальных проблем в практике проектирования и эксплуатации водозаборов, гидротехнических сооружений, мелиоративных систем и т.д. Повышение достоверности выполняемых прогнозов в задачах динамики и миграции подземных вод существенно зависит от точности определения гидрогеологических и геомиграционных параметров [1, 2]. Основными современными методами решения поставленной проблемы являются применение таких операционных математических методов как метод интегральных преобразований Лапласа и Лапласа-Карсона, метод комбинаторных планов, методы регуляризации и т.д. В качестве одного из методов решения задачи по определению параметров в задачах миграции был использован математический метод интегральных преобразований Лапласа (Лапласа-Карсона), применение которого сводится к вычислению несобственных интегралов, вычислению изображения опытной функции, методика которых рассмотрена в работе [3].

Использование математических методов проводилось на примере работы одного водозабора (Северный Таджикистан), подземные воды которого использовались на хозяйственно-питьевые нужды и для орошения [2]. Основной эксплуатируемый водоносный горизонт приурочен к песчаным отложениям четвертичного возраста. В процессе эксплуатации водозабора было установлено, что в водозаборных скважинах произошло увеличение минерализации выше критических значений (с 0,2 г/л до 4,2 г/л), что определило задачу прогноза качества воды в водозаборе путем решения эпигнозной задачи для определения геомиграционных параметров.

Изучение объекта исследований привело к целесообразности применения теоретической модели слоисто-блокового строения, включающей в себя три типа емкости: поровую – в проницаемых каналах, где перенос происходит по схеме поршневого вытеснения; блоковую – сосредоточенную в слабопроницаемых блоках, связанных с каналами условиями квазистационарного обмена; пластовую – в слабопроницаемых слоях, возможности насыщения которой могут считаться неограниченными [3, 4].

Уравнение солевого баланса в таком пласте будет иметь следующий вид:

$$n * m \chi \frac{\partial C}{\partial t} + n * m(1 - \chi) \frac{\partial C^*}{\partial t} + CV_z + 2(\xi + 1)D_m C'_z + \frac{Q}{N} \cdot \frac{\partial C}{\partial l} = 0 \quad (1)$$

где:  $n * m \chi \frac{\partial C}{\partial t}$  – изменение количества солей в пористой емкости;  $n * m(1 - \chi) \frac{\partial C^*}{\partial t}$  – изменение

количества солей в блоковой емкости;  $\chi$  – относительное содержание поровой емкости в породе;  $m$  – суммарная мощность проницаемых слоев в пласте;  $C$  и  $C^*$  – концентрации солей в каналах и блоках;  $CV_z$  – перенос солей через кровлю и подошву пласта;  $V_z$  – сумма скоростей фильтрации через кровлю и подошву пласта;  $2(\xi + 1)D_m C'_z$  – диффузионный поток в кровле, подошве пласта и по контакту с внутренними слабопроницаемыми слоями;  $\xi$  – число внутренних слоев;  $C'_z$  – вертикальный градиент концентрации по контакту со слабопроницаемыми слоями;  $\frac{Q}{N} \cdot \frac{\partial C}{\partial l}$  – изменение количества солей по направлению потока в ленте тока шириной  $N$  и расходом  $Q$ ;  $t$  – время.

Для связи между концентрациями солей в поровой и блоковой емкости служит уравнение внутреннего массообмена, которое имеет следующий вид [4]:

$$n \frac{\partial C^*}{\partial t} = \alpha(C - C^*) \quad (2)$$

где:  $\alpha$  – коэффициент внутреннего массообмена.

При решении уравнений (1) и (2) наиболее целесообразно и удобно применить метод решения с помощью преобразования Лапласа-Карсона по временной переменной. При этом переход от концентраций  $C$  и  $C^*$  к их изображениям  $C_p$  и  $C_p^*$  осуществляется согласно общим правилам путем следующих замен:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} &\rightarrow p(C_p - C_o), \quad \frac{\partial C^*}{\partial t} \rightarrow p(C_p^* - C_o^*), \\ \frac{\partial C}{\partial l} &\rightarrow \frac{\partial C_p}{\partial l}, \quad C_z' \rightarrow \sqrt{\frac{n^* p}{D_m}} C_p, \end{aligned} \quad (3)$$

где:  $p$  – параметр преобразования.

Тогда уравнение (1) и (2) преобразуются к виду:

$$\begin{aligned} n^* m(C_p - C_o) + n^* m(1 - \chi)p(C_p^* - C_o) + V_z C_p + \\ + 2(\xi + 1)\sqrt{n^* p D_m} C_p + \frac{Q}{N} \cdot \frac{dC}{dl} \end{aligned} \quad (4)$$

$$n^* p(C_p^* - C_o) = \alpha(C_p - C_p^*) \quad (5)$$

Выражая  $C_p^*$  из (5) и подставляя в (4), получим уравнение для изображения  $C_p$ :

$$A \cdot N \cdot C_p + \frac{dC_p}{dl} = A_o \cdot N \cdot C_o \quad (6)$$

где:

$$A_o(p) = \frac{n^* m p}{Q} \cdot \frac{\alpha + n^* \chi p}{\alpha + n^* p}, \quad A(p) = A_o(p) + \left[ V_z + 2(1 + \xi)\sqrt{n^* p D_m} \cdot \frac{1}{Q} \right].$$

Таким образом, выражение (6) представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка и в интервале от  $l = 0$  до  $l = L$  имеет следующее общее решение вида для линейного в плане потока:

$$C_p = e^{-\xi_o} \cdot \left[ A_o \int_0^L N \cdot C_o \cdot e^{\xi} dl + C_p^o \right], \quad (7)$$

где:  $\xi = \int_0^l A N dl$ ;  $\xi_o = \int_0^L A N dl$ ;  $C_p^o$  – значение  $C_p$  при  $l = 0$ .

При отсутствии начального засоления в потоке уравнение (7) имеет вид:

$$C_p = C_p^o \cdot e^{-\xi_o}. \quad (8)$$

В случае закачки раствора в скважину ( $V_z = \frac{Q}{2\pi B^2} \ln \frac{1,12B}{r}$ , где  $B$  – параметр перетекания,  $Q$  – расход закачки)

при отсутствии влияния проницаемости блоков на внутриблоковый обмен при  $N = 2\pi r$  уравнение (7) приобретает следующий вид:

$$\xi = \frac{\pi r^2}{Q} \left[ n^* m p \frac{\alpha + n^* \chi p}{\alpha + n^* p} + 2(1 + \xi)\sqrt{n^* p D_m} + \frac{r^2}{2B^2} \ln \frac{1,74B}{r} \right], \quad (9)$$

где:  $r$  – расстояние от центральной скважины до наблюдательной.

**Определение миграционных параметров водоносного пласта сводится к представлению решения уравнения (9) в форме следующей зависимости:**

$$\xi = \ln \frac{C_p^o}{C_p}, \quad (10)$$

где:  $C_p^o$  и  $C_p$  – изображения концентраций раствора в центральной и наблюдательной скважинах.

Однако при закачке жидкости в пласт влияние пластовой емкости и перетекание через кровлю и подошву пласта незначительно и им можно пренебречь, тогда  $\xi(p)$  будет представлено в виде:

$$\frac{\pi r^2 m p}{Q \xi} = \frac{\frac{\alpha}{n^*} + p}{\alpha + n^* \chi p}. \quad (11)$$

В случае, когда  $p < 1$  (1/сут), т.е. при большой длительности налива в скважину величина  $n^* \chi p$  становится весьма незначительной, расчеты можно вести с использованием следующей зависимости:

$$\frac{\pi r^2 m p}{Q \zeta} = \frac{1}{n^*} + \frac{p}{\alpha}. \quad (12)$$

Как видно из выражения (12), основным параметром модели слоисто-блокового строения водоносного пласта является коэффициент эффективной пористости. Для достоверной оценки этого параметра необходимо нахождение функции изображения от величин концентрации путем вычисления несобственных интегралов с использованием формулы:

$$\bar{\Phi}(x, y, t_p) = \frac{1}{t_p} \int_0^\infty \Phi(x, y, t) \cdot e^{-\frac{t}{t_p}} dt, \quad (13)$$

где:  $\bar{\Phi}$  – изображение функции  $\Phi(x, y, t)$  по Лапласу-Карсону;  $t_p$  – параметр, вводимый для удобства и равный величине, обратной параметру преобразования  $p$ :  $t_p = 1/p$ .

Интегралы зависимости (13) удобнее вычислять путем метода механической квадратуры, согласно которому при определении численного значения по Лапласу-Карсону вычисляемая функция представляется в виде многочлена относительно аргумента  $t$ :

$$\int_0^\infty \Phi(t) \cdot e^{-\frac{t}{t_p}} dt = t_p A_0 \Phi(0) + t_p \sum_{k=1}^n A_k \Phi(t_k). \quad (14)$$

В первую очередь выбирается значение параметра  $t_p$ , и для заданной величины « $n$ » находятся значения  $x_k$  и соответствующие им значения  $A_k$ . Затем, при известных значениях  $t_p$  и  $x_k$  из соотношения  $t_k = x_k \cdot t_p$  определяются моменты времени  $t_k$ , на которые по зависимости (14) снимаются известные значения функции концентрации  $\Phi(t_k)$ . Для случая при « $n$ » = 4 коэффициенты  $A_k$  определяются по таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $x_k$  и  $A_k$ 

	0	1	2	3	4
$x_k$	0	0,74321993	2,571635	5,7311788	10,953894
$A_k$	0,200	0,60120469	0,18573233	0,01294285	0,0001201262

При подсчете суммы рядов достаточно ограничиться тремя-четырьмя первыми членами. Использование метода механической квадратуры при выборе параметра  $t_p$  требует соблюдение и выполнение следующего условия:  $t_p \leq (0,06 - 0,1) T$ .

Расчет параметров миграции эксплуатируемого водоносного пласта проводился для скважины, в которой отмечалось увеличение минерализации в некоторый период ( $T = 730$  сут). В соответствии с приведенными выше зависимостями выбирались два параметра преобразования  $t_p = 73$  сут ( $t_p = 1/6 \cdot T$ ) и  $t_p = 121$  сут ( $t_p = 1/10 \cdot T$ ) и для них проводились расчеты концентрации  $C_p$  путем вычисления интеграла (7). Результаты расчетов для водозаборной скважины приведены в таблице 2 для « $n$ » = 4.

Таблица 2 – Результаты расчета величины изображения концентрации  $C_p$  при  $t_p = 73$  сут и  $t_p = 121$  сут.

$\kappa$	$t_k$	$A_k$	$C(t_k)$ з/л	$A_k \cdot C(t_k)$
$t_p = 73$ сут				
0	0	0,200	0,80	0,16
1	54,26	0,60120469	0,90	0,54108
2	187,73	0,18573233	1,40	0,26003
3	418,38	0,01294285	2,00	0,02588
4	799,63	0,0001201262	2,30	0,00027
$\tilde{C} = 0,98727$				
$t_p = 121$ сут				
0	0	0,200	0,80	0,16
1	90,43	0,60120469	1,10	0,6613
2	312,88	0,18573233	1,85	0,34316
3	679,29	0,01294285	2,20	0,0284
4	1332,72	0,0001201262	–	0
$\tilde{C} = 1,1993$				

Далее, определив величины  $\tilde{C} = C_p$ , находим параметр  $\zeta(p)$  с использованием зависимости (4):

$$\zeta = \ln \frac{C_p^o}{C_p} = \frac{5,0}{0,98727} = 1,622.$$

Далее, рассчитав  $p = 1/t_p = 1/73 = 0,001369$  и задаваясь величиной коэффициента солеобмена  $\alpha$ , найдем величину эффективной пористости по зависимости:



$$\frac{\pi r^2 m p}{Q \zeta} = \frac{1}{n^*} + \frac{p}{\alpha} \quad \text{или} \quad \frac{1}{n} = \frac{\pi r^2 m p}{Q \zeta} - \frac{p}{\alpha}.$$

Таким образом, по данным роста минерализации подземных вод во времени в водозаборной скважине с использованием метода интегральных преобразований для схемы слоисто-блокового строения водоносного пласта был получен коэффициент эффективной пористости при различных значениях параметра  $p$ . Решая совместную систему двух уравнений при двух различных значениях  $\zeta$  и  $p$ , находим общую величину коэффициента эффективной пористости:

$$\begin{aligned} \frac{\pi r^2 m p_1}{Q \zeta_1} &= \frac{1}{n^*} + \frac{p_1}{\alpha} \\ \frac{\pi r^2 m p_2}{Q \zeta_2} &= \frac{1}{n^*} + \frac{p_2}{\alpha} \end{aligned} \quad (15)$$

Решение системы уравнений (15) дало значение коэффициента эффективной пористости, равное  $n^* = 0,139$ . Расчеты, проведенные по описанной выше методике для другой водозаборной скважины, находящейся в аналогичных гидрогеологических и гидрохимических условиях, показали довольно близкое значение коэффициента эффективной пористости  $n^* = 0,140$ .

Таким образом, обработка данных режима эксплуатации водозаборных скважин с использованием интегральных методов показала применимость двух расчетных схем – схемы макродисперсии и схемы слоисто-блокового строения водоносной толщи изучаемого района. Интерпретация данных режима эксплуатации и расчет полученных значений по схеме слоисто-блокового строения водоносной толщи в сравнении с результатами обработки опытных данных свидетельствует о хорошем совпадении величины эффективной пористости, которые могут быть достоверно использованы в расчетах прогнозной оценки качества воды в водозаборе.

#### Литература

1. Карпенко Н.П. Комплексная оценка емкостных и миграционных параметров водонасыщенных сред с использованием индикаторных методов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №5-6(47). – С.82-84.
2. Карпенко Н.П., Манукьян Д.А., Питьева К.Е. Оценка гидрогеологических условий межгорных впадин для прогноза качества подземных вод при интенсивной их эксплуатации // Вестник МГУ, серия геологическая. – 1980. – № 6. – С. 89-96.
3. Манукьян Д.А. Теория и методы решения обратных задач геофильтрации: монография. – М.: МГУП. – 2007. – 188 с.
4. Шестаков В.М. Геогидродинамика: учебник. – М.: КДУ. – 2009. – 334 с.

#### References

1. Karpenko N.P. Kompleksnaja ocenka emkostnyh i migracionnyh parametrov vodonasyshennyh sred s ispol'zovaniem indikatornyh metodov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2016. – №5-6(47). – S.82-84.
2. Karpenko N.P., Manuk'jan D.A., Pit'eva K.E. Ocenka gidrogeologicheskikh uslovij mezhgornyh vpadin dlja prognoza kachestva podzemnyh vod pri intensivnoj ih jekspluatácii // Vestnik MGU, serija geologicheskaja. – 1980. – № 6. – S. 89-96.
3. Manuk'jan D.A. Teorija i metody reshenija obratnyh zadach geofil'tracii: monografija. – M.: MGUP. – 2007. – 188 s.
4. Shestakov V.M. Geogidrodinamika: uchebnik. – M.: KDU. – 2009. – 334 s.



Международный научно-исследовательский журнал включен в базу научного цитирования **Google Scholar**.

**Google Scholar** – поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. Наличие статей в **Google Scholar** увеличивает возможность цитируемости, не только в России, но и за рубежом.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.001

Лисицын П.В.

ORCID: 0000-0002-4595-3804, Аспирант кафедры «Инженерная геодезия», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТОВ НА ШИРИНУ ВОДООХРАННЫХ ЗОН

Аннотация

В статье описаны вопросы, связанные с определением водоохранных зон озер на примере Северо-Западного Федерального округа с учетом проницаемости грунтов прибрежных территорий. На сегодняшний день, согласно статье 65 Водного Кодекса Российской Федерации - основным показателем, влияющим на ширину водоохранной зоны является площадь зеркала водоема, что не является достаточным, так как каждое озеро индивидуально по-своему и проблема его экологического состояния складывается и из других показателей. На основе программного комплекса ModFlow построена модель движения и проницаемости загрязняющих веществ до озера, а также рассчитаны периоды достижения этих флюидов водного объекта.

**Ключевые слова:** водоохранная зона, озера северо-запада, экологическое состояние озер, определение ширины водоохранных зон, размер водоохранной зоны, прибрежные грунты, проницаемость грунтов.

Lisitsyn P.V.

ORCID: 0000-0002-4595-3804, Postgraduate student,  
Saint-Petersburg Mining University

EVALUATION OF THE EFFECT OF PERMEABILITY OF SOILS  
THE WIDTH OF WATER PROTECTION ZONES

Abstract

The article describes issues related to the determination of water protection zones of lakes in the North-West Federal district taking into account the permeability of the soil of coastal areas. To date, according to article 65 of the Water Code of the Russian Federation - the main factor determining the width of the water protection area is the surface area of the reservoir that is not sufficient, as each lake individually in its own problem and its environmental condition and the sum of other indicators. On the basis of the software package ModFlow the model of movement and permeability of pollutants to the lake, and calculated the periods of these fluids reach a water body.

**Keywords:** water protection area, lakes of the North-West, the ecological status of lakes determines the width of water protection zones, the size of water protection zones, riparian soils, permeability of soils.

На сегодняшний день достаточно остро стоит проблема загрязнения озер и других водных объектов. В связи с научно-технической революцией воздействие человека на водный фонд становится все более опасной. Многие водные объекты уже не в состоянии самоочищаться. Если так будет продолжаться и дальше, то в скором времени произойдет существенное уменьшение рекреационных зон и все ощутимее будет нехватка пресной воды [3].

Наиболее крупными загрязнителями водных объектов в Северо-Западном федеральном округе в настоящее время являются предприятия, связанные с химической, нефтеперерабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностью.

В Ленинградской области достаточно сильно на экологическое состояние водных объектов оказывают влияние предприятия и заводы химической промышленности, которые занимаются производством лабораторных реактивов, фармацевтических препаратов, пластмассы, синтетических смол и других.

Все предприятия, находящиеся вблизи водных объектов, так или иначе, их загрязняют. И даже в очищенных стоках производств преобладают примеси, которые возможно очистить лишь при десятикратном разбавлении их чистой водой.

Водоохранные зоны, в свою очередь, должны являться естественной преградой, предотвращающей поступление загрязняющих веществ в водные объекты путем поверхностного и подземного стоков, но тем не менее, во всех районах и в том числе в Северо-Западном федеральном округе они подвергаются антропогенному воздействию. На прибрежных полосах ведется распашка земель, строительство ферм, складов горюче-смазочных материалов, не соблюдаются правила внесения удобрений различного химического состава и других ядовитых химикатов.

На территории Северо-Западного федерального округа преобладает огромное количество озер, различных по происхождению, типу водообмена и по типу берега [5] и каждое озеро по-своему склонно реагировать на поступающие загрязняющие вещества извне. В основном, на рассматриваемой территории преобладают берега, представленные каменистыми (скалистыми) породами нежелезистыми берегами с песчаным или песчано-илистым основанием. Тем самым, можно утверждать, что движение грунтовых вод в песках и водопроницаемых глинистых грунтах является ламинарным, а в крупнозернистых грунтах (например, в гравии, гальке) – турбулентным. Следовательно, коэффициент фильтрации для каждого типа грунта различен [4].

В ходе исследования была спроектирована цифровая модель движения и проницаемости загрязняющих веществ до озера, в зависимости от концентрации самого вещества, а также мощности грунта. В качестве программного обеспечения была использована модель ModFlow [6], которая предполагает решение уравнения в частных производных проницаемости загрязнителя сквозь грунт. Полученные данные могут являться действующей моделью проницаемости грунтов.

Модель имеет следующие гидрогеологическое описание и обобщения (рис.1):



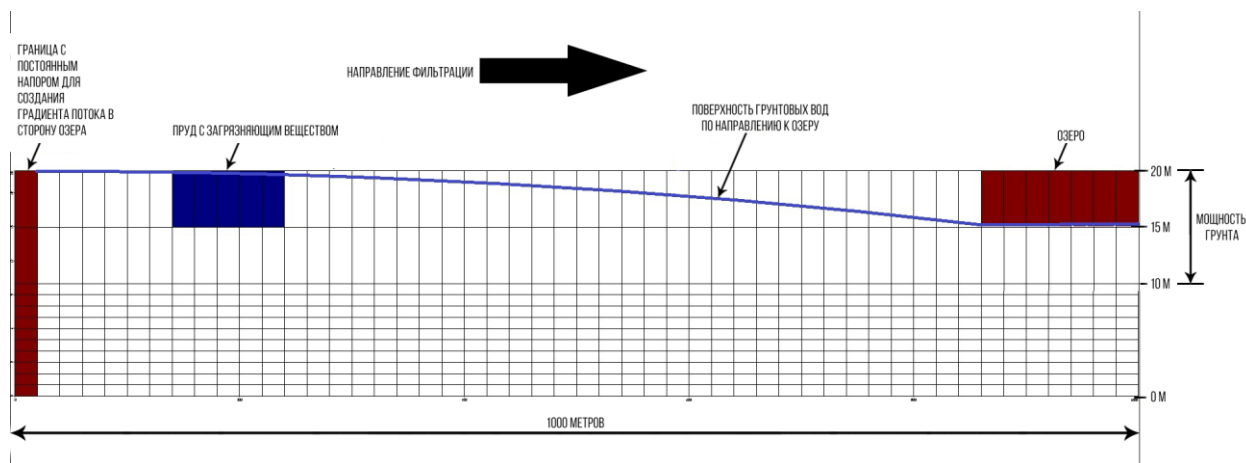


Рис. 1 – Поперечный разрез моделируемой области в программном комплексе ModFlow

1. Грунтовый водоносный горизонт является однослойным (в нашем случае использовались пески, супеси и суглинки мощностью 10 метров);
2. Водоупором служат мощные толщи глины, которые признаны водонепроницаемыми;
3. Сверху водоносный горизонт повсеместно перекрыт водопроницаемой зоной аэрации.

Используемая нами компьютерная модель ModFlow основана на решении алгоритма уравнения в частных производных просачиваемости загрязняющих веществ к озеру, под влиянием комплекса природных и геологических факторов. Такого типа алгоритмы используют метод конечных разностей решения дифференциальных уравнений для отдельных малых участков. Для этого необходимо дискретизировать исследуемую территорию на небольшие прямоугольные участки. Это достигается путем покрытия территории равномерной сетью (grid). Центр каждой ячейки используется для численного решения алгоритма модели ModFlow, и обобщение данных соответствует методу “скользящего окна”.

В зависимости от целей настоящего исследования и степени гидрогеологической изученности, территория исследуемых участков и сопредельных площадей были покрыты сетью 40 x 40 ячеек, размеры которых 25 x 25 м.

• Граничные условия (или границы области фильтрации) для модели представлены следующими математическими условиями:

- Граничные условия первого ряда – известен напор (уровень) грунтовых вод;
- Граничные условия второго ряда – граница водопроницаема или на ней известен расход водного потока;
- Граничные условия третьего ряда (смешанные) – расход водного потока на заданной границе рассчитывается в зависимости от напора (уровня) воды и фильтрационных параметров.

В модели ModFlow граничные условия для грунтового водоносного горизонта были заданы при помощи процедуры IBOUND. Моделирование уровней грунтовых вод было осуществлено в двух вариантах: в природных (steady state) и техногенных (transient condition) условиях. Полученная модель позволяет осуществить ряд практических гидрогеологических работ. Среди них, особое значение имеет автоматическое построение геолого-гидрогеологических разрезов и карт направления движения потоков грунтовых вод и обнаружение участков подтопления в пределах заданной территории.

В соответствии с современной экологической ситуацией [3], были выявлены следующие загрязняющие вещества, встречающиеся в Северо-Западном федеральном округе: цинк, кадмий, свинец, полициклические углеводороды, которые, в свою очередь, имеют различную концентрацию. В результате, в программном комплексе ModFlow были рассчитаны периоды проницаемости загрязняющих веществ в зависимости от концентрации в загрязненной области и типа грунта, преобладающего в исследуемой территории [2] (таблицы 1, 2). Коэффициенты фильтрации для каждого типа грунта были взяты, согласно данным исследований Н.Н. Маслова [4]. Максимальное время моделирования с момента появления загрязняющего вещества 10000 суток, следовательно, при получении большего результата считалось, что загрязнение не достигло озера.

Таблица 1 – Период переноса цинкосодержащего флюида

Расстояние от участка загрязнения до озера, м	Период, сутки		
	Пески ( $K_{\phi}=1$ м/сут)	Супеси ( $K_{\phi}=0,1$ м/сут)	Суглинки ( $K_{\phi}=0,01$ м/сут)
50	15	280	3014
100	135	2093	Не достигло озера
300	1553	Не достигло озера	Не достигло озера
500	4842	Не достигло озера	Не достигло озера

Исходная концентрация цинка в загрязнённой области была принята 500 мг/л и в соответствии с ПДК, при достижении концентрации 1 мг/л – был взят отсчет.

Согласно таблице 1, видно, что при типе грунта супеси – загрязняющее вещество не достигает водного объекта уже на расстоянии 300 метров, а если грунт представлен суглинками, то уже и на расстоянии 100 метров.

Таблица 2 – Период переноса флюида, содержащего кадмий

Расстояние от участка загрязнения до озера, м	Период, сутки		
	Пески ( $K_{\phi}=1$ м/сут)	Супеси ( $K_{\phi}=0,1$ м/сут)	Суглинки ( $K_{\phi}=0,01$ м/сут)
50	2	31	338
100	37	584	6250
300	801	Не достигло озера	Не достигло озера
500	2812	Не достигло озера	Не достигло озера

Исходная концентрация кадмия в загрязнённой области была принята 40 мг/л и в соответствии с ПДК, при достижении концентрации 0,01 мг/л – был взят отсчет.

Представленные результаты исследований позволяют провести совершенствование методики определения ширины водоохранной зоны с учетом проницаемости грунтов прибрежных территорий.

#### Литература

1. Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – М.: Государственная дума Российской Федерации, 2006 (ред. от 28.11.2015).
2. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Карельская. / Саванин В.С. и др. // Карельская АССР – гидрогеологическая съемка. – 1971.
3. Государственный (Национальный доклад) «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2014 году» - М.: Министерство экономического развития Российской Федерации, 2015.
4. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механика грунтов: учебник для вузов / Н.Н.Маслов. М.: Высш. школа, 1982. — 511 с.
5. Озера Карелии. Справочник / Под ред. Н.Н. Филатова, В.И. Кухарева. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 463 с.
6. MODFLOW and Related Programs [Электронный ресурс]: официальный сайт.- Режим доступа к сайту: <http://water.usgs.gov/ogw/modflow/> – Загл. с экрана.

#### References

1. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii: Federal'nyj zakon ot 03.06.2006 № 74-FZ. – М.: Gosudarstvennaja дума Rossijskoj federacii, 2006 (red. ot 28.11.2015).
2. Gidrogeologicheskaja karta SSSR masshtaba 1:200000. Serija Karel'skaja. / Savanin V.S. i dr. // Karel'skaja ASSR – gidrogeologicheskaja s'emka. – 1971.
3. Gosudarstvennyj (Nacional'nyj doklad) «O sostojanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2014 godu» - М.: Ministerstvo jekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii, 2015.
4. Maslov N.N. Osnovy inzhenernoj geologii i mehanika gruntov: uchebnik dlja vuzov / N.N.Maslov. М.: Vyssh. shkola, 1982. — 511 s.
5. Ozera Karelii. Spravochnik / Pod red. N.N. Filatova, V.I. Kuhareva. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2013. 463 s.
6. MODFLOW and Related Programs [Elektronnyj resurs]: oficial'nyj sajт.- Rezhim dostupa k sajtu: <http://water.usgs.gov/ogw/modflow/> – Zagl. s jekrana.



®

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

ПРИМЕР DOI:

10.18454/IRJ.2015.0001

**(Digital Object Identifier)** — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.109

Сутырина Е.Н.

ORCID: 0000-0001-5743-4596, Кандидат географических наук, доцент,

Иркутский государственный университет

**ИЗУЧЕНИЕ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ****Аннотация**

*В статье представлены результаты изучения вихревых структур в озере Байкал, детектируемых в поле температуры поверхности воды по спутниковым данным. По данным дистанционного зондирования определено наличие антициклонической вихревой структуры на границе Северной и Центральной котловин озера Байкал напротив полуострова Святой Нос и изучена внутригодовая и межгодовая изменчивость её параметров в безледоставный период в 2010-2013 гг. Обсуждаются возможные причины образования данной вихревой структуры.*

**Ключевые слова:** озеро Байкал, вихревые структуры, температура поверхности воды.

Sutyryna E.N.

ORCID: 0000-0001-5743-4596, PhD in Geography,

Irkutsk State University

**THE STUDY OF VORTEX STRUCTURES IN LAKE BAIKAL USING REMOTE SENSING DATA****Abstract**

*The results of a study of vortex structures in lake Baikal, detected in the water surface temperature field based on satellite data, are presented in the paper. According to the remote sensing data the existence of the anticyclonic vortex structure on the border of the Northern and Central basins of Lake Baikal in front of the Svyatoy Nos Peninsula has been detected and intra and inter-annual variability of its parameters in ice-free period in 2010-2013 has been studied. The possible reasons of this vortex structure formation has been discussed.*

**Keywords:** Lake Baikal, vortex structures, water surface temperature.

Оз. Байкал расположено в центральной части Евразийского материка между  $51^{\circ} 28'$  и  $55^{\circ} 47'$  северной широты и между  $103^{\circ} 43'$  и  $109^{\circ} 58'$  восточной долготы. Котловина оз. Байкал подразделяется на три основных котловины: Северную, Центральную и Южную, которые отделяются друг от друга подводными порогами и перешейками. Между Южной и Центральной котловинами располагается Селенгинско-Бугульдейское поднятие. Между Центральной и Северной котловинами проходят подводный Академический хребет и перешеек между Ушканьими островами и полуостровом Святой Нос. В соответствии с указанным делением озера на котловины его акватория также может быть поделена на Северный, Центральный и Южный Байкал. Длина озера по тальвегу составляет 672 км, максимальная ширина – 79 км, минимальная ширина – 26 км, площадь акватории – 31,7 тыс. км<sup>2</sup>, объем воды – 23,6 тыс. км<sup>3</sup>. При изучении оз. Байкал, имеющее значительные размеры акватории, данные дистанционного спутникового зондирования Земли дают возможность наблюдать за состоянием всего водного объекта и получать качественно новую пространственно-временную информацию о происходящих в водоёме процессах, что невозможно обеспечить традиционными наземными методами наблюдения даже при проведении регулярных исследований с использованием научно-исследовательских судов.

По картам распределения температуры поверхности воды, полученным путём обработки спутниковых материалов, можно косвенно анализировать такие мезомасштабные динамические явления, как течения, апвеллинг, перераспределение речных вод, вихревые структуры и др. В рамках данного исследования для изучения локализации и динамики вихревых образований в оз. Байкал были использованы данные радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) за период с 1998 по 2015 гг. Радиометр AVHRR установлен на борту низкоорбитальных околополярных метеорологических спутников серии NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - аббревиатура Национального управления океанов и атмосферы США). Линейный размер элемента разрешения на местности радиометра AVHRR составляет около 1090 м в надире. Полоса обзора радиометра AVHRR в 2700 км позволяет охватить всю акваторию оз. Байкал за один пролет. Для составления карт распределения температуры поверхности воды оз. Байкал использовались региональные алгоритмы тематической обработки данных прибора AVHRR, основанные на дифференцированном определении температуры в разное время года, использовании нелинейных зависимостей и дополнительном привлечении информации видимого и ближнего инфракрасного каналов в дневное время суток и подробно описанные в [1]. Вихревые образования проявляются на картах распределения температуры поверхности воды за счет характерной спиралевидной структуры и наличия гидрологического фронта с характерными очертаниями на их периферии (Рис.1).

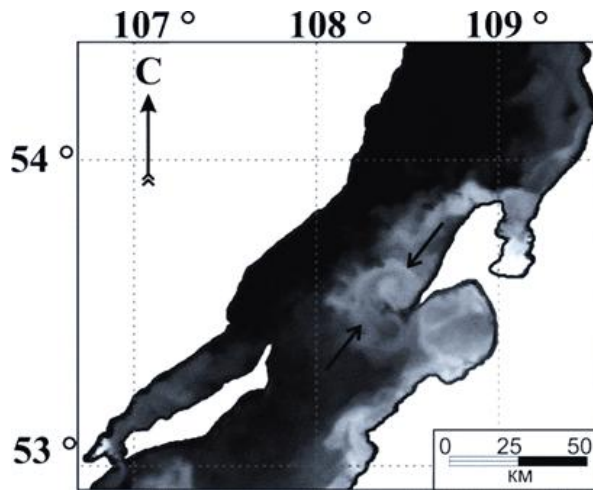


Рис. 1 – Вихревое образование (показано стрелками) на снимке в 4 тепловом инфракрасном канале AVHRR

По картам распределения температуры поверхности воды за соответствующий период были определены дислокация и размеры вихревых образований в озере. Наибольшие вихревые образования, различимые на указанных картах достигают размеров около 25-40 км в поперечнике.

Самое заметное антициклоническое вихревое образование появляется в оз. Байкал на выходе из Баргузинского залива у полуострова Святой Нос на границе Центральной и Северной котловин (см. Рис. 1) в начале июля, постепенно увеличивается в размерах, достигает максимума в августе-сентябре, распадается только в ноябре при развитии в озере осенней гомотермии и наблюдается ежегодно. На границе вихря прослеживается гидрологический фронт, в котором перепад температур по горизонтали может достигать порядка  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{км}$ . В целом на начальном этапе формирования данной структуры перепад температуры воды на поверхности в пределах вихря может достигать более  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  и с развитием вихря уменьшаться. Изменчивость поперечных размеров данной вихревой структуры и максимального значения градиента температуры на поверхности на границе данного вихря в безледоставный период 2010-2013 гг. приведены на рис. 2.

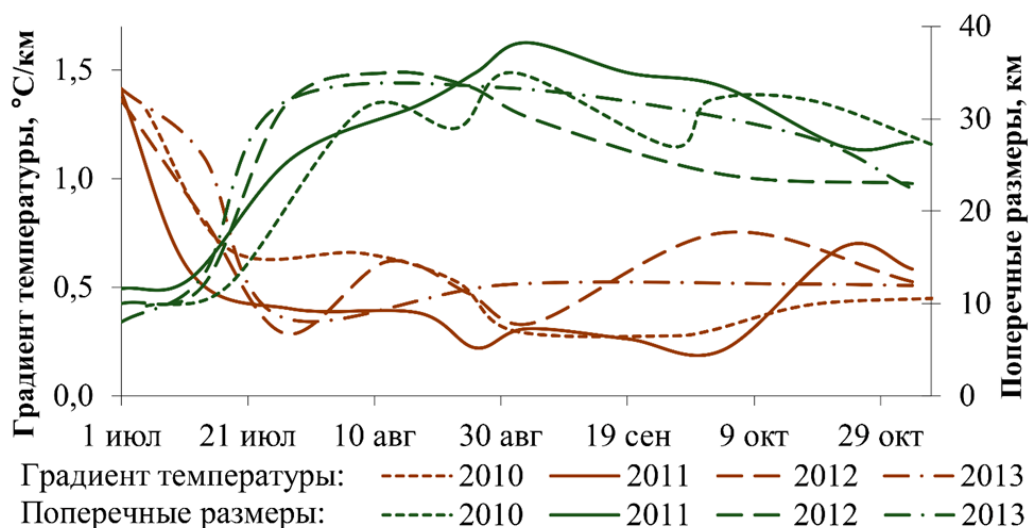


Рис. 2 – Изменчивость поперечных размеров антициклонической вихревой структуры у полуострова Святой Нос и максимального значения горизонтального градиента температуры поверхности на её границе.

Из рис. 2 видно, что в указанные годы наблюдается схожий характер развития указанной вихревой структуры и закономерное уменьшение величины горизонтального градиента температуры воды на поверхности по мере увеличения размеров вихревой структуры. В работе также установлено, что имеется зависимость логарифмического вида максимального значения горизонтального градиента температуры на поверхности воды на границе вихревой структуры от поперечных размеров данной вихревой структуры со значением коэффициента детерминации равным 0,75.

В целом, наличие данной вихревой структуры может быть ассоциировано с выходом Баргузинского течения из Баргузинского залива, имеющего стоково-градиентный характер. Существование в озере данного вихревого образования у полуострова Святой Нос также косвенно подтверждается характером течений в данной части озера по результатам численного моделирования [2], по результатам отдельных наблюдений на буйковых станциях [3] и в ходе экспедиционных исследований [4]. Так последние, из указанных исследований, фиксируют в районе полуострова Святой Нос «разрывы циклонических течений высокой повторяемости», которые и являются ничем иным, как выявленная в ходе данного исследования антициклоническая вихревая структура.

Кроме этого, по картам распределения температуры воды также в период охлаждения озера, начиная со второй половины сентября по первую половину ноября, определяются до 4-6 вихрей антициклонического или грибовидного характера у западного побережья в Северной котловине озера Байкал. Время их существования может достигать 2 месяцев. Они могут несколько раз за указанный период ослабевать или распадаться и затем повторно развиваться. Размеры некоторых из этих вихревых образований могут доходить до 30 км в поперечнике.

Дислокация данных вихрей в Северной котловине озера может в период охлаждения водоёма может быть связана с ослаблением циклонической циркуляции в данной котловине в указанный период, а также с тем, что по сравнению с другими котловинами в Северной чаше озера циклоническая циркуляция имеет меньшие значения скорости [2] и является менее устойчивой. В Центральной и Южной котловинах озера также образуются вихри в период охлаждения водоёма, но данные структуры имеют намного меньшие размеры, повторяемость и контрасты температуры с окружающими водами на поверхности данных акваторий, что делает их идентификацию и исследование их динамики по данным радиометра AVHRR затруднительными.

Все из указанных вихревых образований, как в Северной котловине, так и в Центральной, напротив полуострова Святой Нос, формируются за крупными мысами, выступающими в озеро на несколько километров. Согласно [5] генерация обозначенных вихрей может быть ассоциирована с неустойчивостью струйных вдольбереговых течений.

#### Литература

1. Сутырина Е. Н. Изучение внутренних водоёмов и водосборов с применением данных дистанционного зондирования Земли. Иркутск: ИГУ. 2014. 133 с.
2. Аргучинцев В. К., Аргучинцева А. В. Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере района оз. Байкале. Иркутск: ИГУ, 2007. 255 с.
3. Байкал: атлас. - М.: СО РАН, 1993. 160 с.
4. Русинек О. Т., Уфимцев Г. Ф., Фиалков В. А. Характеристика движения водных масс в прибрежной зоне озера // Байкальский ход (научная экспедиция по Байкалу). - Новосибирск, 2009. - С. 95-98.
5. Филатов Н. Н. Гидродинамика озёр. СПб.: Наука, 1991. 196 с.

#### References

1. Sutyryna E. N. Izuchenie vnutrennih vodojmov i vodosborov s primeneniem dannyh distancionnogo zondirovaniya Zemli. Irkutsk: IGU. 2014. 133 p.
2. Arguchincev V. K., Arguchinceva A. V. Modelirovanie mezomasshtabnyh gidrotermodynamicheskikh processov i perenosa antropogennykh primesej v atmosfere i gidrosfere rajona oz. Bajkale. Irkutsk: IGU, 2007. 255 p.
3. Bajkal: atlas. M.: SO RAN, 1993. 160 p.
4. Rusinek O. T., Ufimcev G. F., Fialkov V. A. Harakteristika dvizhenija vodnykh mass v pribrezhnoj zone ozera // Bajkal'skij hod (nauchnaja jekspedicija po Bajkalu). Novosibirsk, 2009. P. 95-98.
5. Filatov N. N. Hidrodinamika ozer. SPb.: Nauka, 1991. 196 p.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.033

Тягунов Д.С.

Кандидат технических наук,

Институт геофизики Уральского отделения Российской академии наук

**МЕТРОПОЛИТЕН КАК ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ШУМА**

*Аннотация*

*В статье рассмотрен магнитный шум Екатеринбургского метрополитена как одного из источников техногенного шума в диапазоне частот 0,01÷20 Гц, дающий существенный вклад в общий электромагнитный шум города. На представленных Фурье спектрограммах показано, что импульсные сигналы от электропоездов метро носят случайный характер. Сделан вывод, что импульсные помехи, создаваемые электропоездами метро, имеют сложную структуру и в разы могут превышать среднюю амплитуду городского магнитного шума, особенно в часы пик.*

**Ключевые слова:** магнитная индукция, электромагнитное поле, техногенный магнитный шум.

Tyagunov D.S.

PhD in Engineering,

Institute of Geophysics of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences

**THE UNDERGROUND AS ONE OF THE SOURCES OF ELECTROMAGNETIC NOISE**

*Abstract*

*The article considers the magnetic noise of Ekaterinburg metro as one of the sources of anthropogenic noise in the frequency range 0.01÷20 Hz, giving a significant contribution to the total electromagnetic noise of the city. In the presented spectrograms Fourier it is shown that the pulse signals from the trains of the metro are random. The conclusion is made that the impulse noise generated by the subway trains, have a complex structure and at times can exceed the average amplitude of the magnetic noise of the city, especially during peak hours.*

**Keywords:** magnetic induction, electromagnetic field, man-made magnetic noise.

На сегодняшний день в современных крупных мегаполисах расположены не только разнообразные производственные предприятия, городской и пригородный авто/электро транспорт, но некоторые из них имеют линии метро. С момента электрификации городского электротранспорта резко возрос уровень помех для проведения геомагнитных измерений.

Для питания электропоездов метро используется контактная сеть с мощной электрической тягой, что приводит к потреблению большого количества электрической энергии этого вида транспорта, особенно в моменты включения/выключения двигателей.

Цель данной статьи – рассмотреть величину импульсного сигнала создаваемого токовыми переключениями электропоездов в электрифицированной линии Екатеринбургского метрополитена, как одного из основных источников техногенного электромагнитного шума низких частот и оценить его вклад в общий электромагнитный шум города.

Для измерения вариаций городского низкочастотного электромагнитного шума вызванного переключениями токовой нагрузкой линии метро был применен трех компонентный магнитометр. В качестве датчиков магнитного поля использованы магнитомодуляционные преобразователи магнитной индукции, выполненные на основе аморфных ферромагнитных сердечников, работающих в режиме автопараметрического усиления. Собственный магнитный шум датчиков составляет  $0.1 \text{ нТл} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$ , коэффициент преобразования без внешнего усиления  $0.16 \text{ мВ/нТл}$ , полоса частот измеряемого магнитного поля  $0.01 \text{ Гц} \div 200 \text{ Гц}$ . Аналоговый электрический сигнал с датчиков поступает на 24-х разрядный программируемый аналого-цифровой преобразователь AD7734EBZ, соединенный с переносным компьютером (ноутбук). Частота дискретизации измеряемого сигнала –  $470 \text{ Гц}$ . Наблюдение вариаций измеряемого магнитного поля ведется в реальном масштабе времени, отображается на экране компьютера и записывается на электронный носитель информации в виде отдельного текстового файла [1].

Измерения магнитной индукции электромагнитного шума метрополитена проводились в рабочие дни и в утреннее время, когда большая часть людей едет на работу. Датчики, закрепленные на немагнитном штативе, располагались на поверхности земли около подходов к спуску в метро и на расстоянии до 20 м от самой линии метро. При этом, горизонтальная компонента  $B_x$  была направлена по магнитному меридиану, горизонтальная компонента  $B_y$  ортогональна магнитному меридиану, компонента  $B_z$  устанавливалась вертикально. Длительность времени записи определялась минимальным периодом регистрируемой частоты и количеством периодов. Для измерений шумового сигнала измерения в каждой точке проводились 30 мин.

В Екатеринбурге находится одна линия метро с девятью станциями, которые имеют разную глубину. Четыре станции глубиной от 8 до 12 метров, пять других – от 30 до 42 метров.

На рис. 1 показан фрагмент записи амплитуды трех составляющих магнитного шума в полосе частот  $0.01 \div 200 \text{ Гц}$ , полученный в центральной части города, вблизи станции метро «Геологическая». Глубина станции 30 метров. Точка измерения располагалась на территории дендропарка в 20 метрах от линии метро.

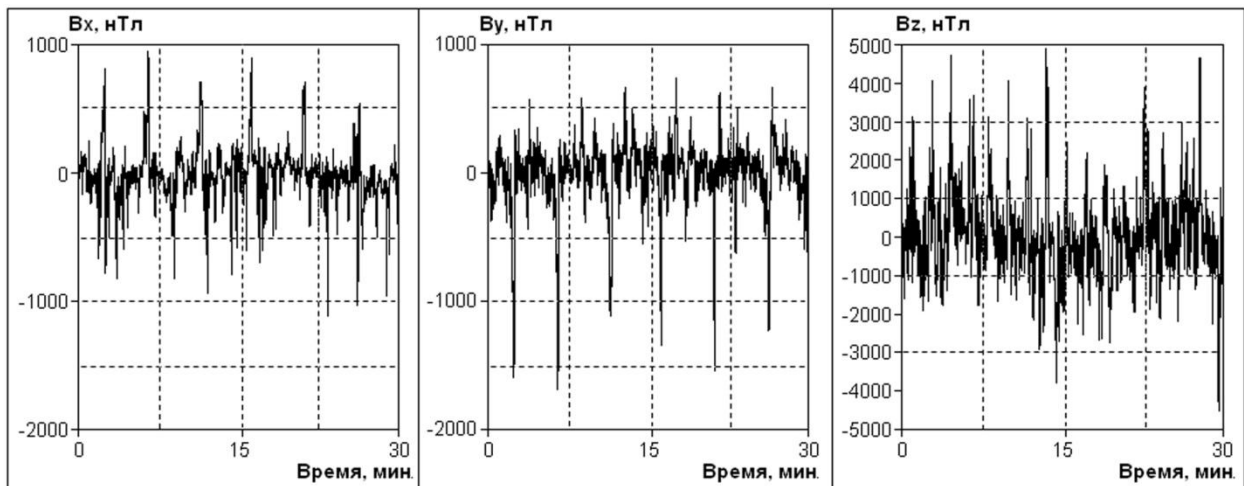


Рис. 1 – Фрагмент утренней записи амплитуды составляющих магнитного шума вблизи станции метро «Геологическая» в полосе частот  $0.01 \div 200 \text{ Гц}$

Из рис. 1 видно, что импульсные помехи от электрического транспорта метрополитена имеют амплитуду магнитного шума от пика до пика по горизонтальным составляющим  $B_x=2000 \text{ нТл}$ ,  $B_y=2500 \text{ нТл}$ ; вертикальной составляющей  $B_z=10000 \text{ нТл}$ . Средняя амплитуда шумовой дорожки для  $B_x=200 \text{ нТл}$ ,  $B_y=300 \text{ нТл}$ ,  $B_z=800 \text{ нТл}$ .

На рис. 2 показан фрагмент записи амплитуды трех составляющих магнитного шума в полосе частот  $0.01 \div 200 \text{ Гц}$ , полученный на окраине города, вблизи станции метро «Машиностроителей». Глубина станции 8 метров. Точка измерения располагалась в 10 метрах от линии метро.



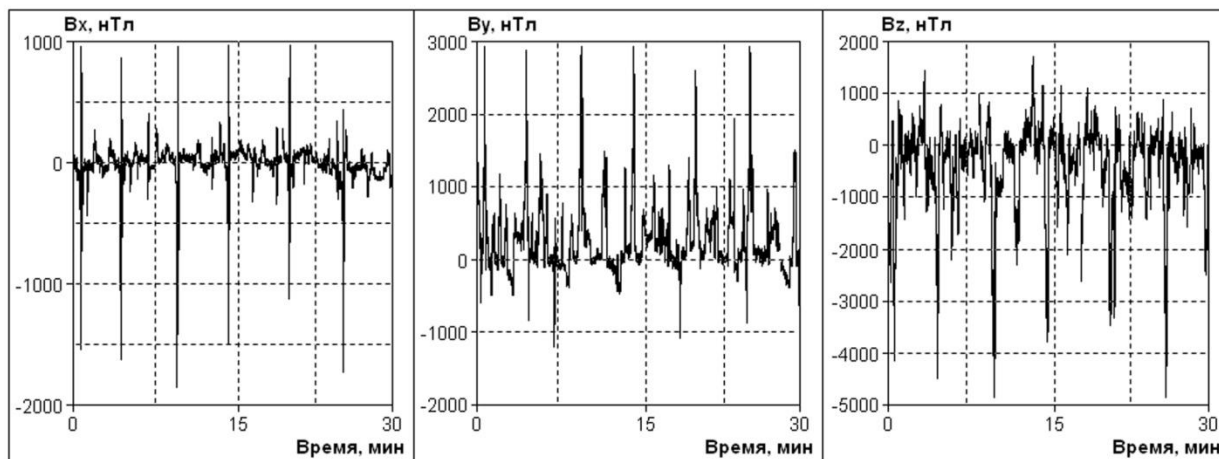


Рис. 2 – Фрагмент утренней записи амплитуды составляющих магнитного шума вблизи станции метро «Машиностроителей» в полосе частот 0.01÷200 Гц

Импульсные помехи от электрического транспорта метрополитена станции «Машиностроителей» (рис. 2) имеют амплитуду магнитного шума для  $V_x=3000$  нТл,  $V_y=4000$  нТл,  $V_z=6500$  нТл. Средняя амплитуда шумовой дорожки для  $V_x=100$  нТл,  $V_y=200$  нТл,  $V_z=500$  нТл.

В утреннее время поезда Екатеринбургского метро движутся с четырех минутным интервалом и временем стоянки на станциях 2 минуты. На представленных фрагментах записей рис. 1 и рис. 2 четко видно, что за 30 минут измерений проявились импульсные сигналы от шести поездов подходящих к станциям и отходящих от них. На компонентах магнитной индукции эти сигналы отображаются в виде тонких линий высокой амплитуды. При детализации записи шумовой дорожки форма импульсных сигналов имеет более сложную структуру (рис. 3).



Рис. 3 – Детализация минутных импульсных сигналов вертикальной составляющей фрагмента утренней записи станции метро «Геологическая»

На записях рис. 1 и рис. 2 также видно, что импульсные помехи, создаваемые этим видом транспорта, в разы превышают среднюю амплитуду шумовой дорожки городского магнитного шума.

На рис. 4 представлены спектры фрагмента утренней записи трех составляющих магнитного шума, записанные вблизи станции метро «Геологическая».

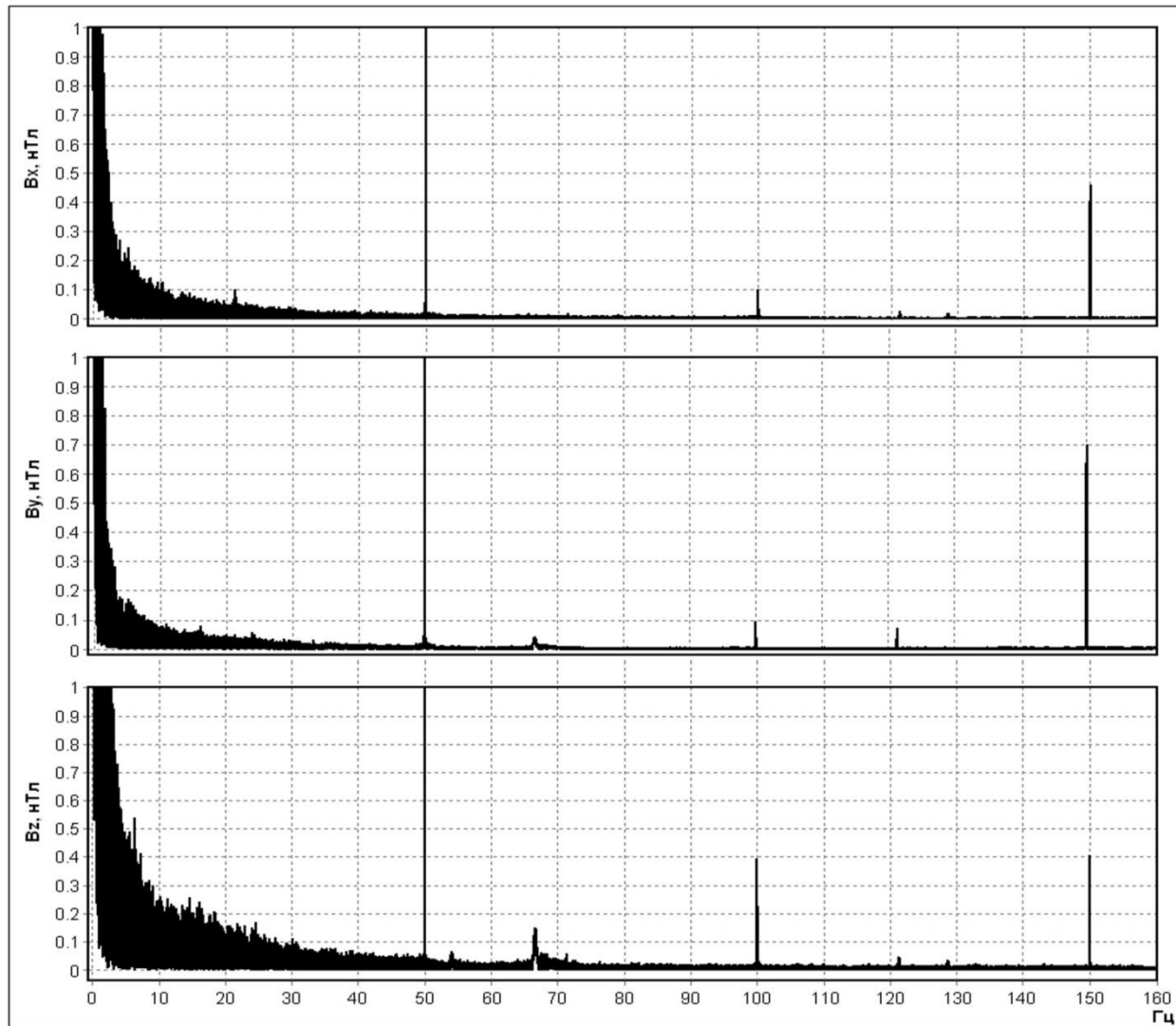


Рис. 4 – Спектры трех составляющих фрагмента записи магнитного шума, полученные вблизи станции метро «Геологическая»

Максимальная амплитуда на частоте 50 Гц спектров рис. 4 составляет:  $V_x=2$  нТл;  $V_y=4$  нТл;  $V_z=2.5$  нТл. На частоте 100 Гц:  $V_x, V_y=0.1$  нТл;  $V_z=0.4$  нТл. На частоте 150 Гц:  $V_x=0.45$  нТл;  $V_y=0.7$  нТл;  $V_z=0.4$  нТл. В результате спектральной обработки видно, что максимальный уровень магнитного шума находится на частоте 50 Гц и ее кратных гармониках. В местах, где отсутствует линия метро, магнитный шум сосредоточен, в основном в области промышленной частоты 50 Гц за исключением низкочастотного шума. Также из рисунка видно, что амплитуда магнитного шума на шумовых дорожках составляющих магнитной индукции  $V_x$  и  $V_y$  монотонно уменьшается в область высоких частот с 10 Гц, составляющей  $V_z$  с 20 Гц.

Электромагнитные импульсы, создаваемые электропоездами метро, явно на спектрограммах не проявляются. Это объясняется тем, что импульсы носят случайный характер. Следует отметить, что приведенные спектры магнитного шума аналогичны записям спектров для других станций.

Для сравнения по станциям Екатеринбургского метро в табл. 1 приведены данные амплитуды магнитного шума по каждой составляющей и модулю магнитной индукции.

Таблица 1

Название станции	Глубина станции, метры	$V_x$	$V_y$	$V_z$	$ V $
Проспект Космонавтов	8	800	1200	2500	2886
Уралмаш	8	3500	6000	3000	7566
Машиностроителей	8	3000	4000	6500	8200
Динамо	35	500	400	800	1000
Площадь 1905 года	35	2500	2000	7000	7697
Геологическая	30	2000	2500	10000	10500
Чкаловская	40	5600	4000	3000	7507
Ботаническая	12	4000	5000	6000	8774

Из табл. 1 видно, что четкой зависимости амплитуды магнитного шума с глубиной станций не прослеживается. При этом, средний порядок по модулю магнитной индукции для большинства станций примерно один.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Вклад магнитного шума электропоездов метрополитена в общий электромагнитный шум города на частотах 0,01÷200 Гц может составлять 10000 нТл и более, особенно в часы пик. Электромагнитные импульсы, создаваемые электропоездами метро, на Фурье спектрограммах не проявляются, так как носят случайный характер. Импульсные сигналы, создаваемые этим видом транспорта, имеют сложную структуру.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-35-60004.*

#### Литературы

1. Сокол-Кутыловский О.Л., Тягунов Д.С. Аппаратура для регистрации магнитного поля низких частот. Уральский геофизический вестник. № 4(13) (сб. статей) Екатеринбург: УрО РАН, 2007. С. 69-73.

#### References

1. Sokol-Kutylovskij O.L., Tyagunov D.S. Apparatura dlya registracii magnitnogo polya nizkih chastot. Ural'skij geofizicheskij vestnik. № 4(13) (sb. statej) Ekaterinburg: UrO RAN, 2007. S. 69-73.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.035

Хромых Л.Н.<sup>1</sup>, Литвин А.Т.<sup>2</sup>, Никитин А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Доцент, <sup>2,3</sup>студент,

Самарский государственный технический университет

### ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО БИТУМА

#### Аннотация

*В статье представлен обзор современных технологий применения реагентов-растворителей при добыче высоковязкой нефти и природного битума. Приведены примеры современных российских технологий и зарубежный опыт. Приводятся примеры использования реагентов-растворителей как составляющей технологий добычи нефти в таких процессах как VAPEX, циклическая обработка призабойных зон пласта паром и растворителем, так и для борьбы с отложениями асфальтенов, смол и парафинов при подъеме продукции скважин на дневную поверхность и дальнейшей транспортировки нефти. Также в работе приведены критерии подбора реагентов-растворителей для промышленного внедрения.*

**Ключевые слова:** высоковязкая нефть, битум, реологические свойства, растворитель.

Khromykh L.N.<sup>1</sup>, Litvin A.T.<sup>2</sup>, Nikitin A.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate professor, <sup>2</sup>Student,

Samara State Technical University

### THE REVIEW OF THE USE OF SOLVENTS IN THE PRODUCTION OF HEAVY OIL AND NATURAL BITUMEN

#### Abstract

*There is the review of modern technologies of reagents-solvents utilization in heavy oil and natural bitumen production presented in this paper. Some field cases of current Russian and foreign technologies have been presented in this paper. A lot of examples of using of reagents-solvents, as a component of oil production technologies in such processes as VAPEX, cyclic steam and solvent well stimulation presented in this work. Reagents-solvents also can be used to prevent the deposits of asphaltenes, resins and waxes during the production process and further oil transportation. Also in the paper contains criteria for selection of reagents-solvents for industrial implementation.*

**Keywords:** heavy oil, bitumen, rheological properties, solvent.

**В** настоящее время в старых нефтедобывающих провинциях остро стоит вопрос добычи высоковязкой нефти (ВВН) и природного битума (ПБ) в условиях необходимости поддержания текущего уровня добычи. На сегодняшний день различными исследователями и специалистами ведутся работы по изучению реологических свойств высоковязких нефтей, их компонентного состава для обоснования высокоэффективных технологий повышения нефтеотдачи пластов и эксплуатации скважин на таких сложных объектах разработки [6, 7, 9, 13, 15].

В ряде работ указывается зависимость реологических свойств ВВН от температуры. Однако, не всегда возможно повышать температуру продуктивного пласта или хотя бы призабойной зоны до высоких значений, при которых проявление нефтью неньютоновских свойств практически исчезает. Согласно промысловому опыту, наиболее эффективным термическим воздействием на продуктивные пласты является закачка перегретого пара [1]. Закачка теплой воды практически не оказывает влияния на коэффициент вытеснения. На рисунке 1 представлена зависимость вязкости ВВН Печерского месторождения от температуры.

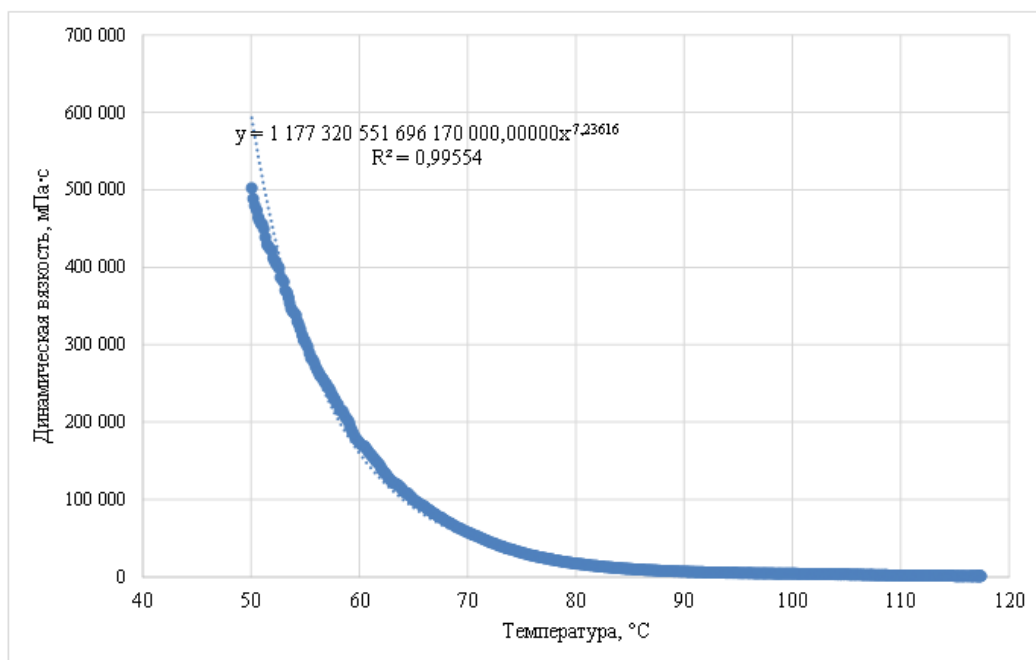


Рис. 1 – Зависимость динамической вязкости высоковязкой нефти Печерского месторождения Самарской области от температуры [26]

В Канаде весьма активно применяются технологии, связанные с регулированием реологических свойств ВВН и ПБ путем закачки различных реагентов-растворителей в продуктивные пласты [17, 18, 21, 22]. Широко известен метод VAPEX, разработанный и запатентованный в Канаде Igor J. Mokrys (патент Канады № 2,243,105, получен 13 ноября 2001 года) [19].

Технология позволяет добывать высоковязкую нефть путем закачки специального растворителя в продуктивный пласт и извлечение продукции с существенно пониженной вязкостью. В Российской Федерации выпускается большое количество реагентов-растворителей на углеводородной основе, достаточно хорошо изучены их физические свойства и влияние на реологию нефтей [8, 12, 23].

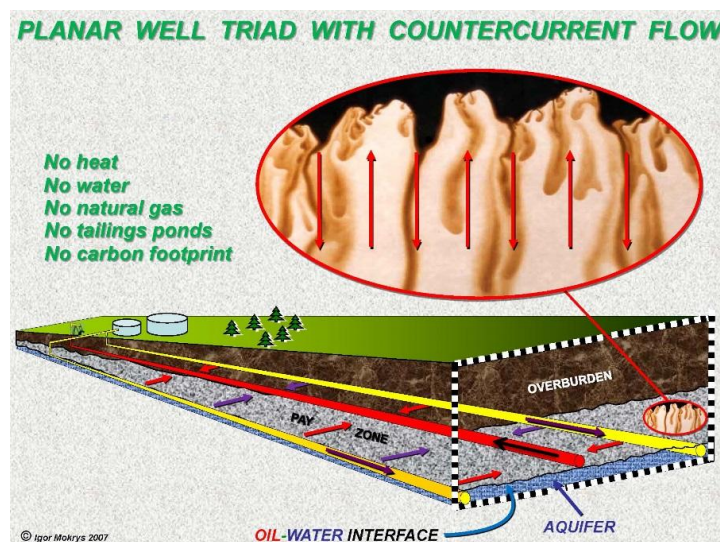


Рис. 2 – Процесс добычи нефти путем закачки растворителя в продуктивный пласт VAPEX с сайта <http://vapextechnologies.com/> (Igor Mokrys, 2007)

Ввиду высокого содержания асфальтенов и смол в высоковязких нефтях, рационально закачивать в пласт и проводить обработки призабойной зоны пласта растворителями на ароматической основе [8, 12, 23]. Автор работы [3] выделяет следующие критерии по отношению к растворителям, применяемым в процессах повышения нефтеотдачи: изученность реагента; влияние реагента на конечную продукцию добывающих скважин; экологичность реагента; эффективность действия; технологические свойства; затраты на использование. К этому списку возможно добавить также и пункт «возможность отделения растворителя от продукции скважин на месторождении», так как стоимость углеводородных компонентов весьма высока, а низкая текущая цена на нефть не предусматривает значительное увеличение затрат на добычу. Также перспективным направлением является использование вязких растворителей для возможности их применения на трещиноватых коллекторах или высокопроницаемых песчаниках в комплексе с закачкой пара или без нее [4]. В качестве растворителей возможно использовать и углеводородные газы, однако в некоторых случаях это может приводить к выпадению асфальтенов непосредственно в пласте, что может приводить к снижению абсолютной проницаемости продуктивного пласта. Стоит отметить, что обратный процесс растворения

асфальтенов в углеводородной смеси весьма трудоемко поэтому к применению таких методов стоит подходить после предварительно проведенных PVT-исследований на установках, позволяющих проводить визуальное наблюдение за процессами коагуляции и растворения асфальтенов, смол и парафинов. При этом возможно подобрать оптимальную концентрацию растворителя для воздействия на пласт. При этом растворители могут быть эффективны как на терригенных коллекторах, так и на карбонатных.

По мнению автора, высокий интерес представляет совершенствование реагентной базы для повышения эффективности эксплуатации месторождений высоковязкой нефти, в частности, в Урало-Поволжье. Кроме поиска наиболее оптимальных растворителей, необходимо уделять внимание и поверхностно-активным веществам, используемым в процессе комплексной обработки призабойной зоны пласта растворителем и паром (термохимическое воздействие). Возможно, что добавление ПАВ к растворителям (например, нефтерастворимых гидрофобизаторов) может изменить фазовые проницаемости при фильтрации нефти и воды в пользу нефти. Вторым этапом стоит продолжать работы в направлении поиска решений, повышающих вязкость растворителей, чтобы добиться оптимального соотношения вязкостей «растворитель – нефть» при термическом воздействии на продуктивный пласт. Особенно актуально это может быть для высокопроницаемых пластов и карбонатных трещиноватых, кавернозных коллекторов. Хорошим примером в этом случае может являться Бузбашское месторождение высоковязкой нефти Самарской области. На данном месторождении широко развита трещиноватость и отмечается наличие каверн большого диаметра, наблюдаемых визуально (до 8 см, по данным П. Рощина, В. Грачева). В данных кавернах наблюдается кальцит в кристаллах по внутренней поверхности каверны, с твердым битумом между зернами. При вскрытии таких каверн в ходе разработки месторождения с целью добычи природного камня (известняков, доломитов) битум и высоковязкая нефть могут возгораться. Реологические свойства нефти месторождения Бузбаш представлены в статье, посвященной изучению реологических свойств нефтей месторождений Самарской области [2]. Ввиду наличия столь сложной системы пустотного пространства «поры – трещины – каверны», будет рациональным использование для разработки данного месторождения комплексного воздействия на призабойную зону пласта растворителем и паром.

Кроме закачки в продуктивный пласт для повышения нефтеотдачи или обработки призабойной зоны пласта, реагенты-растворители могут использоваться в промысловых работах по борьбе с отложением асфальтенов, смол и парафинов в призабойной зоне пласта добывающей скважины и в насосно-компрессорных трубах [5]. При этом необходимо производить грамотный подбор реагента-растворителя с учетом состава отложений и последующего определения их типа [2, 10, 25]. Вопросу борьбы с такими отложениями посвящен ряд работ [11, 14, 24].

Таким образом, на основе анализа литературы, возможно сделать следующие выводы:

1. Применение растворителей в процессе добычи высоковязких нефтей возможно в различных вариантах, однако при этом основным критерием будет являться стоимость реагента. При этом возможно использование отходов нефтепереработки для удешевления компонентов смеси.

2. Растворитель не должен приводить к выпадению асфальтенов, смол и парафинов в продуктивном пласте и при транспортировке нефти по промысловым трубопроводам. Для этого необходимо проводить реологические и PVT-исследования. Особое внимание стоит уделять моделированию пластовых условий при проведении экспериментов, транспортировке и подготовке пластовых проб, PVT-условиям. Современные вискозиметры и реометры способны максимально точно моделировать условия проведения эксперимента с нефтью.

3. Необходимо проводить дальнейшие исследования для создания новых видов углеводородных растворителей, возможно, на основе отходов нефтеперерабатывающих заводов и химических комбинатов.

#### Литература

1. Рузин Л.М. Технологические принципы разработки залежей аномально вязких нефтей и битумов / Л.М. Рузин, И.Ф. Чупров; Под ред. Н.Д. Цахая. Ухта, 2007. 244 с.
2. Рощин П.В., Петухов А.В., Васкес Карденас Л.К., Назаров А.Д., Хромых Л.Н. Исследование реологических свойств высоковязких и высокопарафинистых нефтей месторождений Самарской области. Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013. Т. 8. № 1. С. 12.
3. Рощин П.В. Обоснование комплексной технологии обработки призабойной зоны пласта на залежах высоковязких нефтей с трещинно-поровыми коллекторами: дис. канд. техн. наук. -СПб., 2014. -112 с.
4. Roschin P. V. et al. Experimental investigation of heavy oil recovery from fractured-porous carbonate core samples by secondary surfactant-added injection//SPE Heavy Oil Conference-Canada. -Society of Petroleum Engineers, 2013.
5. Литвин В.Т., Рощин П.В. Изучение влияния растворителя «Нефрас С2-80/120» на реологические свойства парафинистой высоковязкой нефти Петруховского месторождения//Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. -2013. -Т.1. -№ 1. -С. 127-130.
6. Зиновьев А.М., Ольховская В.А., Коновалов В.В., Мардашов Д.В., Тананыхин Д.С., Рощин П.В. Исследование реологических свойств и особенностей фильтрации высоковязких нефтей месторождений Самарской области//Вестник СамГТУ -2013. -Т.2. -№38 -С.197-205.
7. Зиновьев А.М., Ковалев А.А., Максимкина Н.М., Ольховская В.А., Рощин П.В., Мардашов Д.В. Обоснование режима разработки залежи аномально вязкой нефти на основе комплексирования исходной геолого-промысловой информации//Вестник ЦКР Роснедра. -2014. -№3. -С. 15-23
8. Roschin P.V., Zinoviev A.M., Struchkov I.A., Kalinin E.S., Dziwornu C.K. Solvent selection based on the study of the rheological properties of oil. Международный научно-исследовательский журнал. -2015. -№ 6-1 (37). -С. 120-122
9. Petukhov A.V., Kuklin A.I., Petukhov A.A., Vasques Cardenas L.C., Roschin P.V. Origins and integrated exploration of sweet spots in carbonate and shale oil-gas bearing reservoirs of the Timan-Pechora basin. Society of Petroleum Engineers - European Unconventional Resources Conference and Exhibition 2014: Unlocking European Potential 2014. С. 295-305.

10. Рошин П.В., Рогачев М.К., Васкес Карденас Л.К., Кузьмин М.И., Литвин В.Т., Зиновьев А.М. Исследование кернового материала Печерского месторождения природного битума с помощью рентгеновского компьютерного микротомографа SkyScan 1174v2. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2013. № 8-2 (15). С. 45-48.
11. Рогачев М.К., Колонских А.В. Исследование вязкоупругих и тиксотропных свойств нефти Усинского месторождения//Нефтегазовое дело. -2009. -Т.7. -№1. -С.37-42.
12. Легкоконец В.А., Орлов М.С., Сюзов О.Б. Исследование реологических и тиксотропных свойств высоковязкой нефти Тазовского нефтегазоконденсатного месторождения с целью обоснования методов повышения эффективности эксплуатации скважин. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. № 2-4 (33). С. 78-80.
13. Девликамов В.В., Хабибуллин З.А., Кабиров М.М. Аномальные нефти. -М.: Недра, 1975. -168 с.
14. Стручков И.А., Рогачев М.К. Исследование условий образования твердых органических веществ в нефтяной скважине. *Инженер-нефтяник*. 2015. № 1. С. 33-38.
15. Титов В.Е., Рошин П.В. Применение соляной кислоты для обработки призабойных зон скважин, вскрывших карбонатный трещинно-поровый коллектор. *Нефть. Газ. Новации*. 2011. № 3 (146). С. 69-70.
16. Butler R. M. et al. The gravity drainage of steam-heated heavy oil to parallel horizontal wells //Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1981. – Т. 20. – №. 02.
17. Das S. K., Butler R. M. Mechanism of the vapor extraction process for heavy oil and bitumen //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 1998. – Т. 21. – №. 1. – С. 43-59.
18. Butler R. M. et al. Improved recovery of heavy oil by VAPEX with widely spaced horizontal injectors and producers // Journal of Canadian Petroleum Technology. – 2000. – Т. 39. – №. 01.
19. Mokrys I. J. et al. The rise of interfering solvent chambers: solvent analog model of steam-assisted gravity drainage // Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1993. – Т. 32. – №. 03.
20. Shu W. R. et al. Effect of solvent on steam recovery of heavy oil //SPE reservoir Engineering. – 1988. – Т. 3. – №. 02. – С. 457-465.
21. Das S. K., Butler R. M. Mechanism of the vapor extraction process for heavy oil and bitumen //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 1998. – Т. 21. – №. 1. – С. 43-59.
22. Ivory J. et al. Investigation of cyclic solvent injection process for heavy oil recovery //Canadian International Petroleum Conference. – Petroleum Society of Canada, 2009.
23. Орлов М.С., Кищенко М.А., Коновалов К.И., Пеньков Г.М., Бакиев М.Д. Изучение свойств растворителей, применяемых в нефтяной промышленности. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. № 2-4 (33). с. 80-83.
24. Стручков И.А., Рогачев М.К., Рошин П.В., Калинин Е.С., Хромых Л.Н. Необходимые аспекты, принимаемые во внимание при выборе режима эксплуатации скважины, добывающей парафинистую нефть. *Материалы конференции XII Международная научно-практическая конференция «Ашировские чтения»*. 2015. СамГТУ. с. 282 – 287. <http://ntf.samgtu.ru/node/34>.
25. Аксельрод С.М. Проблемы разработки месторождений тяжелой нефти и битума (по материалам зарубежных публикаций). *Каротажник*. 2010. № 3. с. 97-138.
26. Фарманзаде А.Р., Карпунин Н.А., Хромых Л.Н., Евсенкова А.О., Аль-Гоби Г. Исследование реологических свойств высоковязкой нефти Печерского месторождения. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. № 3- 2 (45). с. 116 – 119.

#### References

1. Ruzin L.M. Tehnologicheskie principy razrabotki zalezhej anomal'no vjazkih neftej i bitumov / L.M. Ruzin, I.F. Chuprov; Pod red. N.D. Chadaja. Uhta, 2007. 244 s.
2. Roshhin P.V., Petuhov A.V., Vaskes Kardenas L.K., Nazarov A.D., Hromyh L.N. Issledovanie reologicheskikh svojstv vysokovjazkih i vysokoparafinistyh neftej mestorozhdenij Samarskoj oblasti. *Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika*. 2013. T. 8. № 1. S. 12.
3. Roshhin P.V. Obosnovanie kompleksnoj tehnologii obrabotki prizabojnoj zony plasta na zalezhah vysokovjazkih neftej s treshhinno-porovymi kollektorami: dis. kand. tehn. nauk. -SPb., 2014. -112 s.
4. Roschin P. V. et al. Experimental investigation of heavy oil recovery from fractured-porous carbonate core samples by secondary surfactant-added injection//SPE Heavy Oil Conference-Canada. -Society of Petroleum Engineers, 2013.
5. Litvin V.T., Roschin P.V. Izuchenie vlijaniya rastvoritelja «Nefras S2-80/120» na reologicheskie svojstva parafinistoj vysokovjazkoj nefti Petruhnovskogo mestorozhdenija//Materialy nauchnoj sessii uchenyh Al'met'evskogo gosudarstvennogo neftjanogo instituta. -2013. -T.1. -№ 1. -S. 127-130.
6. Zinov'ev A.M., Ol'hovskaja V.A., Konovalov V.V., Mardashov D.V., Tananyhin D.S., Roshhin P.V. Issledovanie reologicheskikh svojstv i osobennostej fil'tracii vysokovjazkih neftej mestorozhdenij Samarskoj oblasti//Vestnik SamGTU - 2013. -T.2. -№38 -S.197-205.
7. Zinov'ev A.M., Kovalev A.A., Maksimkina N.M., Ol'hovskaja V.A., Roshhin P.V., Mardashov D.V. Obosnovanie rezhima razrabotki zalezhi anomal'no vjazkoj nefti na osnove kompleksirovanija ishodnoj geologo-promyslovoj informacii//Vestnik CKR Rosnedra. -2014. -№3. -S. 15-23
8. Roschin P.V., Zinoviev A.M., Struchkov I.A., Kalinin E.S., Dziwornu C.K. Solvent selection based on the study of the rheological properties of oil. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. -2015. -№ 6-1 (37). -S. 120-122
9. Petukhov A.V., Kuklin A.I., Petukhov A.A., Vasques Cardenas L.C., Roschin P.V. Origins and integrated exploration of sweet spots in carbonate and shale oil-gas bearing reservoirs of the Timan-Pechora basin. *Society of Petroleum Engineers - European Unconventional Resources Conference and Exhibition 2014: Unlocking European Potential 2014*. S. 295-305.
10. Roschin P.V., Rogachev M.K., Vaskes Kardenas L.K., Kuz'min M.I., Litvin V.T., Zinov'ev A.M. Issledovanie kernovogo materiala Pecherskogo mestorozhdenija prirodnogo bituma s pomoshh'ju rentgenovskogo komp'juternogo mikrotomografa SkyScan 1174v2. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2013. № 8-2 (15). S. 45-48.



11. Rogachev M.K., Kolonskih A.V. Issledovanie vjazkouprugih i tiksotropnyh svojstv nefti Usinskogo mestorozhdenija//Neftegazovoe delo. -2009. -Т.7. -№1. -S.37-42.
12. Legkokonec V.A., Orlov M.S., Sjuzev O.B. Issledovanie reologicheskikh i tiksotropnyh svojstv vysokovjazkoj nefti Tazovskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdenija s cel'ju obosnovanija metodov povyshenija jeffektivnosti jekspluatcii skvazhin. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 2-4 (33). S. 78-80.
13. Devlikamov V.V., Habibullin Z.A., Kabirov M.M. Anomal'nye nefti. -M.: Nedra, 1975. -168 s.
14. Struchkov I.A., Rogachev M.K. Issledovanie uslovij obrazovaniya tverdyh organicheskikh veshhestv v nefjtjanoy skvazhine. Inzhener-neftjanik. 2015. № 1. S. 33-38.
15. Titov V.E., Roshhin P.V. Primenenie soljanoj kisloty dlja obrabotki prizabojnyh zon skvazhin, vskryvshih karbonatnyj treshhinno-porovyj kollektor. Neft'. Gaz. Novacii. 2011. № 3 (146). S. 69-70.
16. Butler R. M. et al. The gravity drainage of steam-heated heavy oil to parallel horizontal wells //Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1981. – Т. 20. – №. 02.
17. Das S. K., Butler R. M. Mechanism of the vapor extraction process for heavy oil and bitumen //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 1998. – Т. 21. – №. 1. – S. 43-59.
18. Butler R. M. et al. Improved recovery of heavy oil by VAPEX with widely spaced horizontal injectors and producers // Journal of Canadian Petroleum Technology. – 2000. – Т. 39. – №. 01.
19. Mokrys I. J. et al. The rise of interfering solvent chambers: solvent analog model of steam-assisted gravity drainage // Journal of Canadian Petroleum Technology. – 1993. – Т. 32. – №. 03.
20. Shu W. R. et al. Effect of solvent on steam recovery of heavy oil //SPE reservoir Engineering. – 1988. – Т. 3. – №. 02. – S. 457-465.
21. Das S. K., Butler R. M. Mechanism of the vapor extraction process for heavy oil and bitumen //Journal of Petroleum Science and Engineering. – 1998. – Т. 21. – №. 1. – S. 43-59.
22. Ivory J. et al. Investigation of cyclic solvent injection process for heavy oil recovery //Canadian International Petroleum Conference. – Petroleum Society of Canada, 2009.
23. Orlov M.S., Kishhenko M.A., Kononov K.I., Pen'kov G.M., Bakiev M.D. Izuchenie svojstv rastvoritelej, primenjaemyh v nefjtjanoy promyshlennosti. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 2-4 (33). s. 80-83.
24. Struchkov I.A., Rogachev M.K., Roshhin P.V., Kalinin E.S., Hromyh L.N. Neobhodimye aspekty, prinimaemye vo vnimanie pri vybore rezhima jekspluatcii skvazhiny, dobyvajushhej parafinistuju neft'. Materialy konferencii XII Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Ashirovskie chtenija». 2015. SamGTU. s. 282 – 287. <http://ntf.samgtu.ru/node/34>.
25. Akselrod S.M. Problemy razrabotki mestorozhdenij tjazhelej nefti i bituma (po materialam zarubezhnyh publikacij). Karotazhnik. 2010. № 3. s. 97-138.
26. Farmanzade A.R., Karpunin N.A., Hromyh L.N., Evsenkova A.O., Al'-Gobi G. Issledovanie reologicheskikh svojstv vysokovjazkoj nefti Pecherskogo mestorozhdenija. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 3- 2 (45). s. 116 – 119.



*Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.*

**Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)** — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.041

Шабанов В.А.<sup>1</sup>, Шабанова А.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Кандидат технических наук; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8841-4456, кандидат химических наук,

Самарский государственный архитектурно-строительный университет

# ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДЫ РЕКРЕАЦИОННЫХ ВОДОЕМОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ САПРОБНОСТИ

## Аннотация

Сохранение и рациональное использование водоемов рекреационного назначения во многом определяется качеством воды. Было оценен уровень сапробного загрязнения воды по ГОСТ 17.1.2-04.77 «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» восемнадцати прудов и двух водохранилищ Самарской области, которые являются объектами неорганизованной рекреации. Показано, что во всех случаях уровень сапробного загрязнения оценивался от «сильного сапробного загрязнения» до «неочищенных сточных вод». С целью разработки типизированных подходов к обеспечению нормативного качества воды объектов неорганизованной рекреации водоемы были классифицированы методами кластерного анализа по величине биохимического потребления кислорода и перманганатной окисляемости. Показано, что на формирование уровня сапробного загрязнения существенное влияние оказывают морфометрические характеристики водоема, развитость высшей водной растительности и мероприятия по предотвращению вторичного загрязнения воды (удаление донных отложений).

**Ключевые слова:** водоем, качество воды, сапробное загрязнение, неорганизованная рекреация.

Shabanov V.A.<sup>1</sup>, Shabanova A.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8841-4456, PhD in Chemistry

Samara State Architectural and Construction university

# WATER SAFETY ASSESSMENT OF URBAN AND SUBURBAN RESERVOIRES IN SAMARA REGION IN TERMS OF SABROPITY CONTAMINATION LEVEL

## Abstract

Conservation and management of recreational water BODIES is largely determined by water quality. It has been estimated the level of saprobity according to GOST 17.1.2-04.77 "The Nature Conservancy. Hydrosphere. Status Indicators and taxation rules of water bodies "eighteen ponds and two reservoirs of Samara Region, which are objects of unorganized recreation. It is shown that in all cases saprobity contamination level estimated as "high saprobity contamination" to "raw sewage". In order to develop standartized approaches to ensure standard quality of water recreation facilities unorganized the reservoirs were classified by cluster analysis on values of BOD and permanganate oxidation. It is shown that the formation of the level of saprobity contamination is significantly affected by morphometric characteristics of the reservoir, development of higher aquatic vegetation and measures to prevent secondary pollution of water (removal of the bottom-proposals) as well.

**Keywords:** pond, water quality, saprobity contamination, non-organized recreation.

На территории Самарской области насчитывается более 1500 прудов и 87 малых водохранилищ. По данным [1], 56% прудов используются для водоснабжения, 24% относятся к временным водоемам, 13% обслуживают мельницы и сельские электростанции, 5% имеют рыбохозяйственное значение, а для орошения - всего 2%. В настоящее время для малых водоемов большое значение приобретает рекреационная функция. Она реализуется практически для всех водоемов – и водохранилищ, и прудов. В областной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Самарской области в 2013 – 2020 годах» отмечается, что качество воды поверхностных водных объектов в Самарской области не отвечает санитарным требованиям по химическому потреблению кислорода, а также по содержанию фенолов, взвешенных веществ, соединениям цинка, марганца, меди, железа. Поэтому оценка качества воды водоемов, являющихся центрами неорганизованной рекреации, а также обоснование очередности и состава мероприятий по обеспечению их экологической безопасности, представляет собой важную задачу практическую задачу.

Объектами исследования были 16 прудов и два водохранилища, расположенные на урбанизированных и хозяйственно-преобразованных территориях Самарской области. Для характеристики уровня загрязненности воды органическими веществами использовались величины БПК<sub>5</sub> и перманганатной окисляемости. Измерения выполнялись в летнюю межень. Отбор проб производился согласно требованиям [2]. БПК<sub>5</sub> определялось по [3], перманганатная окисляемость согласно [4]. Для оценки уровня сапробного загрязнения был использован индекс сапробности и шкала, приводимые в [5]. Результаты измерений и расчетов даны в таблице.

Таблица – Характеристики загрязнения воды объектов исследования органическими веществами

№ п/п	Водоем	БПК <sub>5</sub> , мг/л	Перманганатная окисляемость, мг/л	Индекс сапробности	Загрязняющее органическое вещество [2]
1	Пруд №1 в 12 микрорайоне	6,2	12,8	0,48	Неочищенные сточные воды
2	Пруд №2 в 12 микрорайоне	9,4	16,2	0,58	Неочищенные сточные воды
3	Пруд в 13 микрорайоне	5,3	10,7	0,49	Неочищенные сточные воды
4	Пруд Планового института	3,2	4,2	0,77	Неочищенные сточные воды
5	Пруд на ул. Аэродромная	3,8	6,8	0,56	Неочищенные сточные воды
6	Пруд у Ипподрома	5,1	7,1	0,72	Неочищенные сточные воды
7	Пруд ул. Нововокзальная/ Карла Маркса	7,1	12,8	0,55	Неочищенные сточные воды
8	Пруд у Пирамиды длинный	5,2	6,0	0,87	Неочищенные сточные воды
9	Пруд у Пирамиды круглый	5,8	6,6	0,88	Неочищенные сточные воды
10	Жигулевск, пруд в парке им. 40-летия ВЛКСМ	3,0	7,8	0,38	Сильное сапробное загрязнение
11	Чапаевск, пруд №1	3,4	7,8	0,44	Неочищенные сточные воды
12	Чапаевск, пруд №2	2,6	6,0	0,43	Неочищенные сточные воды
13	Чапаевск, пруд №3	4,7	10,6	0,45	Неочищенные сточные воды
14	Ветлянское водохранилище	2,0	7,4	0,27	Сильное сапробное загрязнение
15	Черновское водохранилище	4,3	6,8	0,63	Неочищенные сточные воды
16	Пруд Большой, с. Верхнесъезжее	2,7	8,3	0,32	Сильное сапробное загрязнение
17	Пруд у санатория «Фрунзенец»	2,6	8,3	0,31	Сильное сапробное загрязнение
18	Пруд у санатория «Приволжье»	3,1	7,4	0,42	Неочищенные сточные воды

Местоположение объектов исследования различается не столько почвенно-климатическими условиями, сколько величиной и характером антропогенной нагрузки как на сам водоем, так и на его водосборные площади (рис. 1).

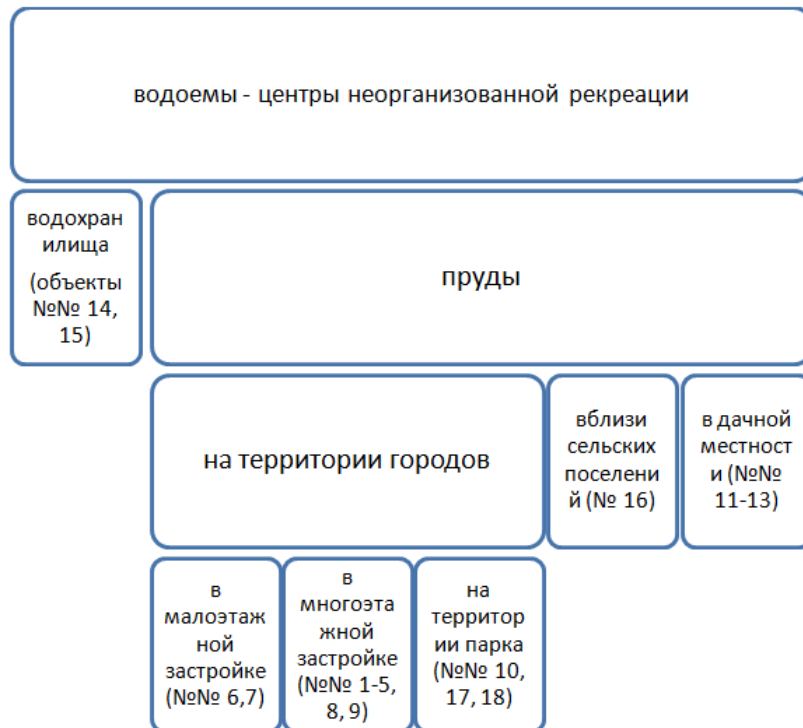


Рис. 1 – Классификация водоемов – центров неорганизованной рекреации по их местоположению

По нашим данным [6], большинство самарских прудов было создано в конце XIX - начале XX века для целей орошения и рыбного хозяйства. Более молодыми являются три пруда расположенных на территории садоводческих товариществ г. Чапаевска (60-70-е годы XX в.), один – в парке им. 40-летия ВЛКСМ в г. Жигулевск (1960 г.), один – в с. Верхнесъезжее Нефтегорского района (1962-1963 г.г.). Практически все городские пруды могут быть отнесены к рекреационно малозначимым водным объектам: согласно [7], это водные объекты внутри плотной жилой застройки, требующие обеспечения нормативного водообмена и выполнения других инженерных мероприятий для поддержания нормативного качества воды, имеющие рекреационное назначение и выполняющие роль «экологического коридора» для местных жителей.

Ветлянское водохранилище располагается в Нефтегорском районе. По данным [8] оно предназначено для полива сельскохозяйственных угодий Ветлянской оросительной системы, водопоя домашних сельскохозяйственных животных, а сейчас также используется для рекреации (отдых, рыбалка). Черновское водохранилище находится в 20 км от Самары. Водохранилище используется населением для купания и рыбной ловли, а также входит в состав Черновской оросительной системы.

Характер загрязнения водоемов тоже различен, мы выделили два основных источника поступления загрязняющих веществ в эти водоемы – автотранспорт с объектами транспортной инфраструктуры (гаражи, стоянки и пр.) и хозяйственная деятельность (рис. 2).

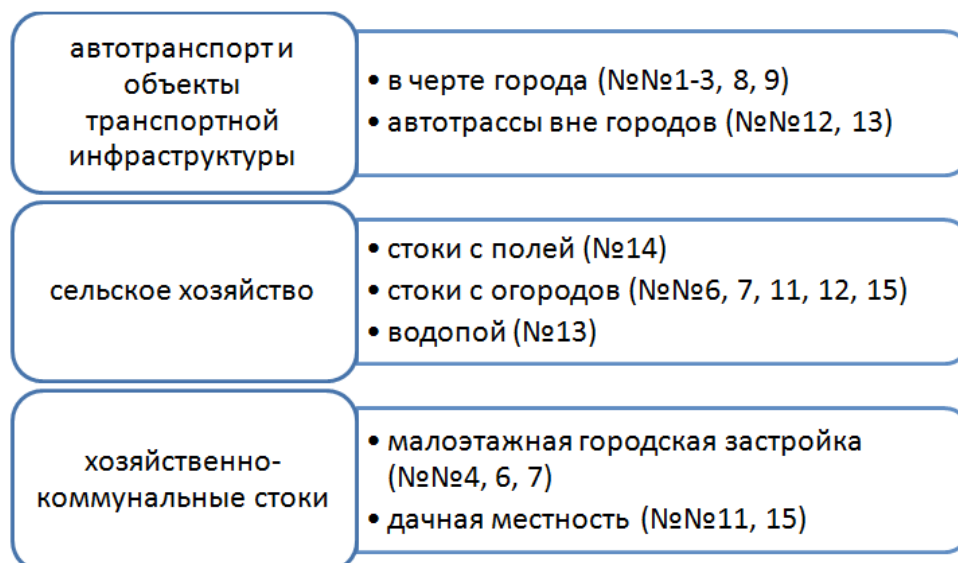


Рис. 2 – Классификация водоемов – центров неорганизованной рекреации по источникам поступления загрязненного поверхностного стока

В первой группе отмечается высокое (до 14-17 ПДК) содержание СПАВ и нефтепродуктов (3-4 ПДК). Загрязнение хозяйственными стоками, кроме того, проявляется в высоких (до 5-6 ПДК) концентрации азота аммонийного и фосфатов.

На формирование уровня сапробного загрязнения воды влияет ряд факторов: поступление загрязняющих веществ в водоем и условия их окисления, которые характеризуются кислородным режимом и развитостью высшей водной растительности [9]. Как показали полученные результаты, во всех случаях сапробное загрязнение превышает естественный уровень (индекс сапробности до 0,2), что говорит о необходимости проведения мероприятий по повышению экологической безопасности водных объектов – центров неорганизованной рекреации. Классификация водоемов по уровню сапробного загрязнения более детальная, чем это изложено в [5], даст возможность выработать набор типизированных решений в зависимости от состояния водоема.

Кластерный анализ широко применяется для классификации объектов [10] по различным признакам – морфометрическим [11], гидрохимическим [12], рекреационным [13].

По данным таблицы был построен иерархический кластер с целью оценки сходства объектов исследования по величинам БПК<sub>5</sub> и перманганатной окисляемости. Объекты образуют 17 кластеров первого-четвертого порядка, позволяющие проанализировать сходство между ними по признаку сапробного загрязнения воды (рис. 3).

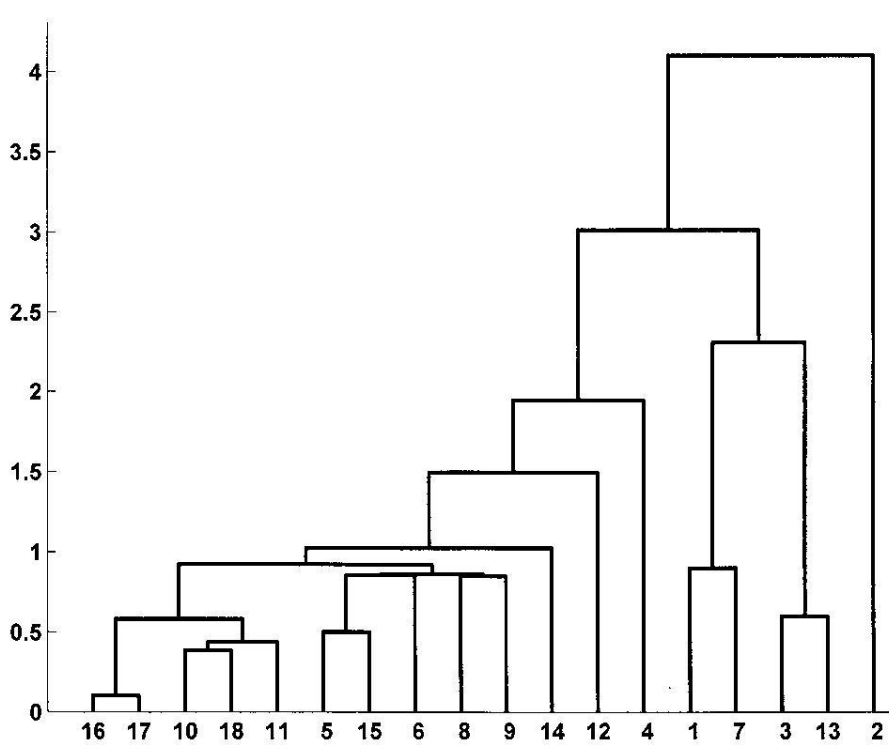


Рис. 3 – Иерархический кластер объектов исследования  
(нумерация объектов дана в таблице)

Самый высокий уровень сапробного загрязнения отмечен для объекта №2 (пруд №2 в 12 микрорайоне). К этому привело сочетание следующих факторов: малые глубины (максимальная – 1 м, средняя – 0,8 м [3]), загрязнение поверхностным стоком (гаражи и автомагистрали), избыток донных отложений как причина вторичного загрязнения воды.

Высокий уровень сходства можно отметить для объектов 1, 7, 3, 13. Причины же отмеченного уровня загрязненности воды различны: для объектов №№1 и 3 наибольшее значение имеют стоки от автотранспорта (первая группа по классификации рис. 2), в то время как для №№7 и 13 основной источник загрязнения это хозяйственно-бытовые стоки и водопой.

Все остальные объекты образуют довольно однородную по уровню загрязненности воды группу. Сюда вошли как малые водоемы, испытывающие незначительное загрязнение (№5), так и водохранилища. Несмотря на поступление значительных количеств загрязняющих веществ с поверхностным стоком от сельхозугодий (№14) и неочищенными коммунально-бытовыми стоками от дачных поселков (№15), уровень сапробного загрязнения здесь ниже, чем в городских прудах. Ветлянское и Черновское водохранилища имеют более благоприятные условия для разбавления загрязняющих веществ за счет большого объема водной массы и характеризуются высокой степенью зарастания – 27 и 32% [14] соответственно. Все это создает предпосылки для снижения уровня сапробного загрязнения воды за счет биосорбции, окисления, седиментации и т.д.

В настоящей работе выполнены оценки безопасности воды по показателям сапробного загрязнения восемнадцати водоемов Самарской области, используемых для целей неорганизованной рекреации. Среди них выделены водоемы, подвергающиеся загрязнению преимущественно стоками автотранспорта и хозяйственно-бытовыми стоками. Показано, что 78% из них соответствуют характеристике «неочищенные сточные воды». Как основа для выработки решений по повышению уровня безопасности была предложена классификация водоемов методами кластерного анализа.

## Литература

1. Соловьева В.В. Эколого-экономические проблемы создания и использования искусственных водоемов Среднего Поволжья //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. - Т.10. - №2. - С.590-601
2. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб
3. ПНД Ф 14.1;2;3;4.123-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПКполн.)
4. ПНД Ф 14.1:2.4.154-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом
5. ГОСТ 17.1.2-04.77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов
6. Shabanov V. A., Shabanova A. V. The history of creation of recreation units in Samara //Life Science Journal 2014; 11(11s). P. 56-58.
7. Волшаник В.В., Суздалева А.А. Классификация городских водных объектов. М.: АСВ, 2008. - 112 с.
8. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Исследование динамики загрязненности воды Ветлянского водохранилища (2000-2012 г.г.) //Вестник Тамбовского университета. 2014. Сер. Естественные и технические науки. №3. с.1737-1740.
9. Бреховских В.Ф. Биота в процессах массопереноса в водных объектах /В.Ф. Бреховских, В.Д. Казмирук, Г.Н. Вишневская; Ин-т вод.проблем РАН. – М.: Наука, 2008. – 315 с.
10. Сердюк Л.Ф. Системный анализ и математическое моделирование экологических процессов в водных экосистемах. М.: Либроком, 2009. 144 с.
11. Ахмедова Н.С. Классификация котловин карстовых озер мира по особенностям морфологического строения на основе кластерного анализа // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2011. №1. С.228-232
12. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Применение методов кластерного анализа для выработки типизированных подходов к обеспечению экологической безопасности водоемов урбанизированных территорий /Труды Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» Москва, МГСУ, 2015. – с.290-293.
13. Шабанов В.А., Шабанова А.В. Классификация городских водоемов методами кластерного анализа // Экологические системы и приборы. 2013. №1. С. 67-72.
14. Соловьева, В. В. Стратегия развития экосистем природно-технических водоемов Среднего Поволжья // Вестник ОГУ . 2008. №10. С.179-187.

## References

1. Solov'eva V.V. Jekologo-jekonomicheskie problemy sozdaniya i ispol'zovaniya iskusstvennyh vodoemov Srednego Povolzh'ja //Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2008. - T.10. - №2. - S.590-601
2. GOST R 51592-2000 Voda. Obshhie trebovaniya k otboru prob
3. PND F 14.1;2;3;4.123-97 Kolichestvennyj himicheskiy analiz vod. Metodika vypolnenija izmerenij biohimicheskoj potrebnosti v kislorode posle n-dnej inkubacii (BPKpoln.)
4. PND F 14.1:2.4.154-99 Kolichestvennyj himicheskiy analiz vod. Metodika vypolnenija izmerenij permanganatnoj oksiljaemosti v probah pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod titrimetricheskim metodom
5. GOST 17.1.2-04.77 Ohrana prirody. Gidrosfera. Pokazateli sostojaniya i pravila taksacii rybohozajajstvennykh vodnykh ob#ektov
6. Shabanov V. A., Shabanova A. V. The history of creation of recreation units in Samara //Life Science Journal 2014; 11(11s). P. 56-58.
7. Volshanik V.V., Suzdaleva A.A. Klassifikacija gorodskih vodnykh ob#ektov. M.: ASV, 2008. - 112 s.
8. Shabanov V.A., Shabanova A.V. Issledovanie dinamiki zagryaz-nennosti vody Vetljanskogo vodohranilishha (2000-2012 g.g.) //Vestnik Tambovskogo universiteta. 2014. Ser. Estestvennye i tehicheskie nauki. №3. c.1737-1740.
9. Brehovskih V.F. Biota v processah massoperenosa v vodnykh ob#ektah /V.F. Brehovskih, V.D. Kazmiruk, G.N. Vishnevskaja; In-t vod.problem RAN. – M.: Nauka, 2008. – 315 s.
10. Serdjuckaja L.F. Sistemnyj analiz i matematicheskoe modelirovanie jekologicheskikh processov v vodnykh jekosistemah. M.: Librokom, 2009. 144 s.
11. Ahmedova N.S. Klassifikacija kotlovin karstovykh ozer mira po osobennostjam morfologicheskogo stroenija na osnove klasterного analiza // Obshhestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana). 2011. №1. S.228-232
12. Shabanov V.A., Shabanova A.V. Primenenie metodov klasterного analiza dlja vyrabotki tipizirovannykh podhodov k obespecheniju jekologicheskoi bezopasnosti vodoemov urbanizirovannykh territorij /Trudy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Integracija, partnerstvo i innovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii» Moskva, MGSU, 2015. – s.290-293.
13. Shabanov V.A., Shabanova A.V. Klassifikacija gorodskih vodoemov metodami klasterного analiza //Jekologicheskie sistemy i pribory. 2013. №1. S. 67-72.
14. Solov'eva, V. V. Strategija razvitija jekosistem prirodno-tehnicheskikh vodoemov Srednego Povolzh'ja // Vestnik OGU . 2008. №10. S.179-187.



**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES**

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.084

**Бакай А.В.<sup>1</sup>, Илялов Д.Ф.<sup>2</sup>, Бакай Ф.Р.<sup>3</sup>, Лепёхина Т.В.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»<sup>2</sup>аспирант кафедры генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»<sup>3</sup>кандидат биологических наук, профессор кафедры генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»<sup>4</sup>кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»**КАРИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ У КОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ФУНКЦИЙ****Аннотация**

*В настоящей статье рассмотрены основные кариотипические нарушения с определенным акцентом на необходимость цитогенетического контроля коров с высокой продуктивностью. Установлено, что у коров с разными репродуктивными функциями встречаются количественные изменения генома. Наиболее частая форма проявления нарушений кариотипа представлена анеуплоидией у коров, имевших аборт и случаи мертворождения. Анеуплоидия не редкое явление у коров, возникающее влествии нерасхождения или потери хромосом. Авторы рассмотрели спектр и частоту хромосомных нарушений у коров с нарушением репродуктивных функций. Большая доля aberrантных клеток выявлена у коров VIII группы – 8,91 %, которые имели аборт, случаи мертворождений и отличались удлинённым интервалом от первого осеменения до плодотворного.*

**Ключевые слова:** индифференс-период, полиплоидия, анеуплоидия, aberrации, ассоциации.**Bakai A.V.<sup>1</sup>, Ilyalov D.V.<sup>2</sup>, Bakai F.R.<sup>3</sup>, Lepekhina T.V.<sup>4</sup>**<sup>1</sup>PhD in Agriculture, professor, director of department of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA. by K.I. Scriabin";<sup>2</sup>postgraduate student of department of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA. by K.I. Scriabin"<sup>3</sup>PhD in Biology, professor of department of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K.I. Skryabin"<sup>4</sup>PhD in Biology, associate professor of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA. by K.I. Scriabin"**KARYOLOGICAL ANALYSIS OF COWS WITH DIFFERENT REPRODUCTIVE DISORDERS****Abstract**

*In this article the basic karyotype disorders with a specific emphasis on the need for cytogenetic monitoring of cows with high productivity. It was found that cows with different reproductive functions identified quantitative changes in the genome. The most common form of manifestation karyotype are disorders presented aneuploidy in cows that had abortion and stillbirth. Aneuploidy is not a rare phenomenon in cows that occurs later or non-disjunction of chromosome loss. The authors examined the range and frequency of chromosomal abnormalities in cows with reproductive disorders, including structural disorders of chromosomes. A large percentage of aberrant cells was detected in cows group VIII - 8.91%, a cow had abortions, stillbirths, and differed from the lengthened interval first insemination to a fruitful.*

**Keywords:** indifferens - period, polyploidy, aneuploidy, aberration, association.

**К**ариотипические исследования позволяют оценить генотип животного и выявить потенциальные продуктивные и репродуктивные способности животных. Именно поэтому необходим качественный цитогенетический контроль племенных животных (Бакай Ф.Р., Семенов А.С., 2009; Бакай А.И., Булусов К.А., 2010).

Для кариологического анализа были отобраны коровы разных генотипов и продуктивности. Для сравнения цитогенетических показателей коров, имевших различные воспроизводительные способности, распределили на группы. В первую группу отнесли коров без нарушений репродуктивных функций, не имевших аборт и случаев мертворождений с индифференс -периодом до 50 суток. Вторая группа коров имела продолжительность индифференс периода более 51 суток и не имела нарушений репродуктивных функций. Третья группа коров имела аборт и случаи мертворожденных телят с индифференс-периодом до 50 суток. Четвертая группа коров отличалась наличием аборт и мертворожденных телят, продолжительность индифференс-периода которых составляла более 51 суток. Пятая группа коров имела интервал между первым осеменением и плодотворным до 50 суток и не имела нарушений репродуктивных функций. Шестая группа включала коров, с интервалом от первого осеменения до плодотворного более 51 суток и не имела случаи мертворождений и аборт. В седьмой группе у коров отмечали аборт и мертворождения и период от первого до плодотворного осеменения находился в пределах 50 суток. В

восьмую группу вошли коровы с периодом от первого осеменения до плодотворного более 51 суток и коровы имели как аборт, так и мертворожденных телят.

Кровь для исследований брали у коров из яремной вены до утреннего кормления в специальные гепаринизированные шприцы. Учет и просмотр препаратов осуществляли под микроскопом Biolar 1 DP5A. Для каждой коровы в каждой группе в процентах от числа просмотренных метафаз определяли долю полиплоидных клеток, анеуплоидных клеток со структурными нарушениями и ассоциациями хромосом.

В ОАО ПЗ «Повадино» животные имеют достаточно высокую продуктивность и в хозяйстве ведется тщательный отбор. Однако, как показывает практика, именно среди высокопродуктивных коров встречаются отдельные особи с хромосомными аномалиями, которые зачастую служат одним из главных факторов нарушения воспроизводительных качеств. Спектр и частота геномных нарушений представлена в табл.1

При оценке частоты полиплоидных клеток в клетках крови у коров с разными воспроизводительными качествами нами установлено, что достоверно большим уровень полиплоидии оказался у коров VIII группы (2,50 %), которые имели частые случаи мертворождений и абортов и отличались наиболее продолжительным периодом (более 51 суток) от первого осеменения до плодотворного.

Таблица 1 – Спектр и частота хромосомных мутаций у коров с нарушениями репродуктивных функций, %

Группы коров	Полиплоидия, %	Анеуплоидия, %	Аберрации, %	Ассоциации, %
I	0,98±0,01	3,55±0,01	3,55±0,01	55,00±0,36
II	1,12±0,01	3,20±0,02	4,17±0,03	52,00±0,54
III	2,30±0,02	5,60±0,02	8,43±0,02	58,69±3,97
IV	2,44±0,03	5,80±0,03	8,65±0,05	88,00±2,60
V	2,00±0,02	4,18±0,01	4,89±0,01	68,79±1,66
VI	2,00±0,01	4,77±0,01	4,47±0,01	41,44±3,29
VII	1,98±0,03	5,60±0,05	8,53±0,04	71,71±0,74
VIII	2,50±0,03	5,90±0,03	8,91±0,04	89,00±2,08

Примечание: здесь и далее достоверно: \*) при  $P>0,95$ ; \*\*) при  $P>0,99$ ; \*\*\*) при  $P>0,999$ .

Наименьшая доля полиплоидных клеток встречается у коров первой группы (0,98 %), имеющих индифференс-период до 50 суток и при использовании которых не наблюдались аборты и мертворожденные телята ( $P>0,999$ ).

Достоверно больший уровень полиплоидии нами выявлен у коров третьей группы при сравнении с первой и второй группой, выявлено кратное увеличение. Доля полиплоидных клеток у коров третьей группы возрастает до 2,30 %. Коровы третьей группы имели аборты и наблюдались случаи мертворождений среди новорожденных телят.

Пятая и шестая группа отличались лишь продолжительностью интервала от первого осеменения до плодотворного, в пятой и шестой группах доля полиплоидных клеток составила 2,0 %. Следует отметить, что коровы этих групп не имели случаев мертворожденных телят. Установлена достоверно большая доля полиплоидных клеток у коров с более продолжительным индифференс–периодом и периодом от первого осеменения до плодотворного более 51 суток ( $P>0,99$ ). Это свидетельствует о нарушении процессов клеточного деления. В данном случае цитогенетический мониторинг приобретает особое значение, позволяя следить за частотой появления геномных мутаций и на ранних этапах селекции освобождаться от носителей генетического груза. Что особо важно для племенных стад с высоким уровнем продуктивности.

Высокопродуктивные животные испытывают особое напряжение всех внутренних систем связанных со способностью дать большее количество молочной продукции. Организм коров это определенные органы, ткани связанные биохимическими и физиологическими процессами, поэтому рассматривать следует весь спектр геномных нарушений, к которым относиться и анеуплоидия.

Установлено, что уровень анеуплоидии в клетках крови коров с нарушениями репродуктивных функций превосходит уровень анеуплоидии коров, не имеющих абортов и мертворожденных телят. В первой группе у коров с индифференс-периодом до 50 суток и они не имели нарушений репродуктивных функций доля анеуплоидных клеток

составляет 3,55 %, тогда как у коров третьей группы с индифференс-периодом от 51 суток и имеющих аборт уровень анеуплоидии возрастает до 5,60 %, в четвертой группе коров с нарушениями воспроизводительных способностей анеуплоидии составила 5,80 %. Достоверно большим уровень, анеуплоидных клеток также отмечался в группах 7 и 8 – 5,60 % и 5,90 %, соответственно ( $P>0,99$ ).

При оценке спектра хромосомных нарушений мы обратили особое внимание на наличие структурных нарушений хромосом. Так доля aberrантных клеток наименьшей (3,55 %), оказалась в первой группе, тогда как в третьей и четвертой группах мы наблюдаем достоверно большую долю клеток с разрывами хромосом 8,43 % и 8,65 %, против 3,55 % ( $P>0,999$ ). Возрастает доля aberrантных клеток и у коров с нарушениями репродуктивных функций.

Мы отмечаем увеличение доли клеток, со структурными нарушениями хромосом у коров с большим по продолжительности периодом от первого осеменения до плодотворного и наличием случаев мертворождений.

При кариологическом анализе во многих клетках нами выявлены разные группы акроцентрических хромосом, расположенных центромерами друг к другу на определенных расстояниях. Это явление принято называть ассоциациями. Существует мнение, согласно которому ассоциативная способность хромосом является свидетельством упорядоченности во внутренней организации ядра клеток. Места ассоциаций, являются районами усиленного синтеза РНК и ядрышкообразования. В период полового созревания и в активном репродуктивном периоде отмечается наибольшая частота клеток с ассоциациями хромосом. В наших исследованиях группы были сформированы и представлены в основном коровами после первого и второго отелов, поэтому ассоциативная способность хромосом казалось бы должна быть одинаковой. Однако нами выявлено, что у коров разных групп способность вступать в ассоциации различалась и находилась в пределах от 41% до 89 %. В большей степени это явление проявилось у коров восьмой группы с наличием абортов, мертворождений и продолжительностью периода от первого осеменения до плодотворного более 51 суток – 89,0 %.

У коров, третьей группы ассоциации составили 58,69%, что достоверно больше чем у коров первой и второй групп на 3,69 % и 6,69 %, соответственно. У коров четвертой группы, где мы отмечаем появление абортов и мертворождений, ассоциации составили 88,0%, что также выше, чем в первой, второй и третьей группах. У коров с наличием случаев мертворождений уровень ассоциативной способности хромосом находился в пределах от 41 до 88%, у коров без нарушений от 41,44 до 55,00 %. Более частые объединения хромосом состояли из 3-4 хромосом, реже встречались ассоциации из двух хромосомы. В целом у коров с нарушениями репродуктивных функций ассоциативная способность достоверно выше, чем у коров с отсутствием таковых.

Таким образом, уровни цитогенетических аномалий, выявленные у коров в достаточной мере отражают репродуктивные функции. В данном случае были рассмотрены продолжительность индифференс-периода и продолжительность периода от первого до плодотворного осеменения и наличия ранней гибели эмбрионов, т.е. абортов и мертворожденных телят.

#### Литература

1. Бакай, А.И. Воспроизводительные качества племенных коров с разным уровнем кариотипической нестабильности / Бакай А.И., Булусов К.А. // Проблемы биологии продуктивных животных. - 2010. - №4. – С.21- 23.
2. Бакай, Ф.Р. Анеуплоидия у голштинизированного крупного рогатого скота в связи с показателями воспроизводительной способности / Бакай Ф.Р., Семёнов А.С. // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. – Астрахань. - 2009. № 2(27). – с. 189-191.

#### References

1. Bakaj, A.I. Vosproizvoditel'nye kachestva plemennyh korov s raznym urovnem kariotipicheskoy nestabil'nosti / Bakaj A.I., Bulusov K.A. // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. - 2010. - №4. – S.21- 23.
2. Bakaj, F.R. Aneuploidija u golshtinizirovannogo krupnogo rogatogo skota v svjazi s pokazateljami vosproizvoditel'noj sposobnosti / Bakaj F.R., Semjonov A.S. // Estestvennye nauki. Zhurnal fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij. – Astrahan'. - 2009. № 2(27). – s. 189-191.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.005

Дубравина И.В.

Доцент, доктор сельскохозяйственных наук,  
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

### ПРЕБРИДИНГ ЯБЛОНИ НА ЮГЕ РОССИИ

#### Аннотация

*Теоретически обоснована и доказана целесообразность проведения пребридинга яблони с целью ускоренного создания Южно-Российского сортимента этой культуры. Проведен аналитический обзор селекционных достижений Российских и зарубежных селекционеров по различным направлениям селекционного процесса для создания сортов яблони с заданными признаками. Разработан алгоритм ускоренного создания южно-российского высококачественного, адаптивного и технологичного сортимента яблони.*

**Ключевые слова:** яблоня, пребридинг, исходный материал, синтетическая селекция на заданные признаки, современный южный сортимент.

Dubravina I.V.

PhD in Agriculture, associate Professor of department of fruit growing  
Kuban State Agrarian University

### PRE-BREEDING OF APPLE ON THE SOUTH OF RUSSIA

#### Abstract

*There was substantiated and proven the reasonability of conducting of pre-breeding of apple-tree with the aim of accelerated creation of modern assortment. An analytical review of Selection Achievements Russian and foreign breeders breeders in various areas of the selection process for the creation of apple varieties with desired traits. An algorithm is proposed accelerated creation of the South-Russian high-quality, adaptive and technological varieties of apple.*

**Keywords:** apple-tree, pre-breeding, source material, synthetic selection on specific signs, modern southern sortment.

Успехи селекционной работы по выведению сортов и подвоев яблони позволили в современных генотипах сосредоточить максимум селекционных признаков, в частности, высокую продуктивность и качество плодов, путём вовлечения в селекцию лучших современных сортов и подвоев. Превзойти этот уровень очень сложно, а, зачастую, и нецелесообразно.

Основной задачей селекции яблони на данном этапе развития отрасли плодоводства является, создание таких генотипов, которые бы наряду с высоким уровнем адаптивности к стрессорам различного характера, не позволяющим реализовать потенциал ценных свойств, заложенных в генотипах современных сортов, - соответствовали бы требованиям современных технологий производства плодов.

При том, что новые сорта по уровню проявления наиболее важных признаков и свойств не должны уступать лучшим мировым стандартам и должны подходить эффективными при использовании в определенных технологиях возделывания – интенсивных или органических.

Как справедливо считает Е.Н. Седов (Седов, 2009), основным направлением в технологическом развитии будут адаптивные (экологизированные и биологизированные) технологии интенсивного типа.

В значительной мере такой подход меняет и систему селекции плодовых культур. Сохраняя высокий уровень показателей продуктивности, качества плодов и адаптивности, новые сорта должны характеризоваться соответствием требований той или иной технологии возделывания яблони.

Всё это ведёт к необходимости ускорения решения селекционных задач при создании новых сортов яблони путём смены старых парадигм в области комбинационной селекции и, прежде всего, в вопросах выделения и использования исходного материала.

Плодовые культуры, в том числе яблоня, являются объектами сложными для изучения частной генетики, в особенности, генетической детерминации важнейших для селекционного применения признаков.

И хотя частная генетика яблони изучена лучше, чем у других плодовых растений, однако детерминация многих важнейших признаков или ещё недостаточно известна, или носит высоко полигенный контроль, что затрудняет процесс селектирования в заданном направлении.

Поэтому для яблони правомерно применять принципы использования носителей ценных признаков в качестве их доноров. Поскольку селекционный эффект по созданию нового сорта с использованием доноров достигается преимущественно при гибридизации с использованием генотипов одного вида, то важнейшее значение имеет проведение предварительной селекции (пребридинга) исходного материала.

Эта работа выполняется в ходе изучения генофонда в генетических коллекциях с привлечением генотипов самого различного происхождения (видообразцов, сортов, гибридных форм, мутантов, отдаленных гибридов, полиплоидов, генетически идентифицированных форм).

Поскольку яблоня домашняя – сборный, культигенный, гибридогенный и полифилетический вид, в происхождении которого участвовало несколько базовых видов *M. silvestris*, *M. orientalis*, *M. sieversii*, а также виды и подвиды *M. prunifolia*, *M. baccata*, *M. floribunda* и ряд других, то её генетический потенциал весьма обширен и позволяет вести селекцию в различных направлениях.

Очень важно, что для решения ряда селекционных проблем можно привлечь и другие виды яблони, тем более что они легко скрещиваются с видом *M. domestica* (Borkh).

Успех в этой работе достигается путём созданием комплексных доноров, у которых, наряду с выдающимся селектируемым признаком, в генотипе присутствуют гены большинства основных признаков, определяющих высокий уровень проявления важнейших и ценных свойств в потомстве, как у лучших возделываемых сортов.

Примером этого может служить проводимая в ряде стран селекция яблони на устойчивость к парше.

Только в третьем – четвертом поколении от насыщающих повторных скрещиваний с лучшими сортами (и их гибридами) выделены иммунные к этому заболеванию сорта. В настоящее время у яблони выделено около 50 генов, контролирующих проявление таких признаков (Калинина, 2010, Козловская, 2003, 2005, Савельев, 1998, Седов, 1983, 1989, 2005, Alstone, 1973, 2000). Это связано с тем, что процесс идентификации генов затруднен в связи высокой гетерозиготностью и самобесплодностью культуры, а также влиянием условий внешней среды и ряда других показателей.

Проведение генетического анализа и изучения частной селекции сопряжено со слишком длительным по времени экспериментом, что пока не позволяет изучить проявление признаков в специально поставленных опытах по частной генетике яблони.

В тоже время способность к вегетативному размножению позволяет длительно сохранять гибридные генотипы, а также соматические мутации (Еремин и др., 1983, 1994, 1999, 2002, 2005, 2009, 2012, Савельев, 2001).

Отбор, сохранение, изучение и селекционное использование генофонда яблони связано с созданием и функционированием генетических коллекций.

В настоящее время в России собран во Всероссийском НИИ растениеводства, ВНИИГСП, ВНИИГиСП и ряде других научных учреждений крупнейший в мире генофонд дикорастущих видов и сортов яблони (Барсукова, 2003, 2012, Вагина, 2010, Вартапетян, 1987, Васильченко, 1963, Волкова, 1983, Джангалиев, 1977, Зацепина, 2000, Копань, 1983, 1995, 2003, Кочетков, 2004, 2005).

Создание генетических коллекций позволяет использовать образцы в решении самых различных задач, в том числе и в решении получения устойчивых к болезням и технологичных сортов яблони.

Однако по многим важнейшим направлениям селекции яблони, где необходимо использовать донорские признаки, отмечено их сцепление с отрицательными признаками.

Это, в частности, можно сказать о таких признаках, как парша, и другие болезни яблони, связанных с мелкоплодием, низким качеством плодов в селекции крупноплодных сортов, сильно рослостью и плохим укоренением гибридов в селекции слаборослых клоновых подвоев.

В связи с необходимостью вовлечения в селекцию сельскохозяйственных растений дикорастущих видов и примитивных полукультурных форм остро встал вопрос о проведении пребридинга - предварительной селекции с привлечением таких форм, которые позволят избавиться от жестких сцеплений донорских признаков с признаками отрицательными.

Такая работа по улучшению исходного материала проводится и для яблони. Её цель - получение комплексного донора, сочетающего донорский признак с большинством положительных признаков, и освобожденный от сцепления с отрицательными, путём проведения повторных скрещиваний между сортами яблони и представителями дикорастущих видов яблони.

В работах по созданию технологичных, адаптивных сортов яблони, очень важным оказался пребридинг; в частности, при передачи крупноплодным сортам яблони от дикорастущих видов *M. baccata* (L.), *M. prunifolia* (Willd.), *M. cerasifera* (Spach.); таких признаков как адаптивность, зимостойкость (особенно для среднерусских и сибирских сортов). Признак устойчивости к парше - от некоторых форм видов *M. floribunda* (Sieb.) и *M. prunifolia* (Willd.).

Для создания доноров, несущих признаки зимостойкости и иммунитета к парше потребовалось проведение 2-х-3-х генераций от повторных скрещиваний их межвидовых гибридов видов *Malus baccata* (L.) и *Malus siversi* (Ledeb.) с сортами *Malus domestica* (Borkh.).

Наиболее эффективно проведение селекции на заданные признаки, если есть возможность использовать идентифицированные гены, особенно в том случае, когда выделены различающиеся по вирулентности расы этих признаков. Как это сделано для генов, контролирующих устойчивость к различным расам парши (ген *Vf*, *Vm*, *Vr*), но при этом следует иметь в виду вероятность возникновения новых рас патогенов, как это было отмечено для гена *V*, у которого в последние годы выделены шестая, седьмая и восьмая расы.

В последние годы в ряде селекционных учреждений начата работа по дигенному контролю устойчивости к парше (гены *Vf* и *Vm*, *Vf* и *Vr*), а также по сочетанию олигогенной и полигенной устойчивости к этому патогену (Седов, 2012).

Следует также отметить, важные для селекции признаки часто имеют полигенный контроль. Это значительно затрудняет проведение селекции с такими генотипами, но, тем не менее, в этом имеется необходимость, поскольку полигенная устойчивость у многих сортов яблони, обеспечивает достаточно высокий уровень толерантности и затрудняет появление новых особо вредоносных рас таких патогенов как парша (Ерёмин, 1994).

Использование генетически идентифицированного материала в селекции яблони по устойчивости к парше позволило в различных странах вывести ряд устойчивых к этому патогену сортов яблони.

Созданы иммунные к парше сорта, в основном, с геном *V<sub>f</sub>*, широко культивируемые за рубежом. Особенно следует отметить сорта яблони, выведенные в: США – Прима, Вильмс Прайд, Дейтон, Пристин, Редфри, Голдраш, Либерти, Интерпрайс и ряд других; Канаде – Макфри, Белмакс, Новомакс.

Во Франции иммунные к парше сорта – Флорина, Гармония, Делорина, Прайм.

В Германии – сорта серии Re (resistant) – иммунные к парше – Ретина, Ревена, Реанда, Ремо (Fischer, 1983) в Чехии это – Опал, Луна, Топаз, Резиста, Селена, Рубинола, Венета.

В России, Украине, Белоруссии и других странах СНГ, также развернута работа по выведению сортов яблони иммунных к парше на основе гена *V<sub>f</sub>*. Наиболее значительных успехов в этом направлении добились в ВНИИСПК Е.Н. Седов и В.В. Жданов – на основе генов *Vf* и *Vm* созданы сорта Свежесть, Имрус, Болотовское, Веняминовская, Орловское полесье, Строевское, Орловим, Чистотел (Седов, 1968, 1981, 1989, 2005).

Иммунные к парше сорта яблони выведены во ВСТИСП В.В. Кичиной – Валюта, Лукомор, Сенатор, Триумф; во ВНИИГиСПР Н.И. Савельевым – Скала, Фрегат, Благовест, и другие; в НИИСС – И.П. Калининой – Поклон Шукшину, Шушенское (Калинина, 2010).

В Сибири и на Урале также создан ряд сортов яблони, иммунных к парше (Калинина, 2010, Котов, 2001, 2003). На Свердловской селекционной станции садоводства Л.А. Котовым выведен сорт с геном  $V_f$  - Белая новая, Благая весть, Аксена, Первоуральская, Пионерка, с геном  $V_m$  - Вектор, Вэм желтый, Вэм сувенир, Тавагуй, Утренняя зоря (Котов, 2000, 2003, 2008, Калинина, 2010, Кичина, 2002, Савельев, 1986, 1998, 2001, 2002, 2009, 2011).

В южной зоне плодородия России (Северо-Кавказский вторичный генцентр), где парша является основной из вредоносных грибных болезней яблони, проблема выведения устойчивых у этому патогену сортов, также успешно решается в ряде научных учреждений региона и, прежде всего, в СКЗНИИСиВ.

Селекционерами С.Н. Артюх и Е.В. Ульяновой с участием Е.Н. Седова, проделана большая работа и создан ряд иммунных сортов. К их числу относятся сорта - Фортуна, Красный янтарь, Рассвет, Союз, Василиса, Талисман, Очи черные, Виола, Кармен, Южная, Яблочный спас (Артюх, 2001, 2009, Седов, 2005, 2008, 2011; Ульяновская, 2009, 2011, 2012).

Ряд устойчивых к парше сортов выведены в НИИ горного и предгорного садоводства - (Шидаков, 1991, Сатибалов, 2005) и в НИИ цветоводства и субтропических культур (Инденко, 1994, 1995, 2001, 2003, 2007).

В Украине В.П. Копанем и сотрудниками выведены иммунные сорта яблони (с геном  $V_f$ ) Амулет, Гарай, Жемчужина Киева, Цыганочка, Эдера; с геном  $V_m$  - Скифское золото (Копань, 2003).

В Белоруссии созданы устойчивые к парше сорта яблони Белорусское сладкое, Дорунок, Имант, Надзейны, Память Коваленко, Поспех, Сябры (Козловская, 2003, 2009).

В настоящее время начата работа по выведению иммунных сортов яблони к парше на полигенной основе (сочетания в одном геноме двух генов, контролирующих устойчивость к различным расам парши) и сортов сочетающих олигогенную и полигенную устойчивость (Седов, 2009, Ульяновская, 2012).

Такие сорта яблони как Флорина, Голдраш, Опал, Луна и ряд других по качеству плодов и продуктивности не уступают лучшим сортам мирового сортимента, таким как, Делишес, Голден Делишес, Мекинтош и другие, но при этом не повреждаются паршой.

Данный подход позволяет в настоящее время считать проблему создания устойчивых к парше промышленных сортов - решённой, а использование этих новых сортов, при возделывании в современных технологических условиях - обязательным.

Реализуя в южном регионе садоводства Российской Федерации стратегию развития адаптивного интенсивного садоводства, сформулированную и обоснованную Е.Н. Седовым (Седов, 2000), все большее внимание уделяется качеству урожая - его экологической безопасности.

Это диктует необходимость разработки новых подходов для выделения исходного материала яблони, позволяющего ускорить создание южных современных сортов, отвечающих требованиям технологий возделывания и сочетающих при этом максимальное проявление ценных признаков в фенотипе (рисунок).

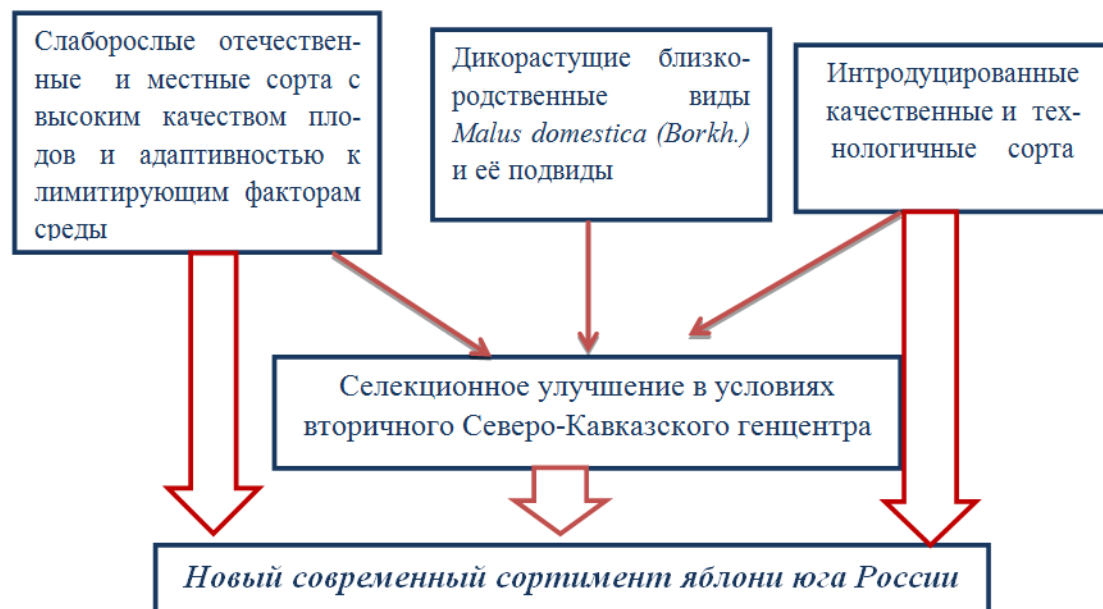


Рис. – Алгоритм селекционного улучшения сорта яблони для юга России (Еремин, Дубравина, 2015)

Успешность реализация такого направления, сопряжена с решением задач по вовлечению в селекционный процесс тех форм и сортов, которые отвечают специфическим требованиям, предъявляемым к южным сортам, и прежде всего – технологичности сортов и качеству плодов. Современный сортимент яблони, в подавляющем своем большинстве, представлен сортами, являющимися результатами прямых или насыщающих межсортных скрещиваний и клоновой селекции лучших из этих сортов.

Очень важно при оценке интродуцированных сортов, привлекаемых для использования в селекционных программах, направленных на создание адаптивных технологий использовать метод «климатических аналогов» (Вавилов, 1960) изучать их особенности в той же зоне, в которой ведется селекция яблони и будет проводиться возделывание новых сортов.

В частности, в условиях Северного Кавказа целесообразно испытывать и использовать в селекции лучшие сорта из северных стран Европы (Германии, Швеции, Чехии, Франции) и северных штатов США (Миннесота, Вашингтон, Нью-Йорк и др.).

Практически во всех современных технологиях производства плодов требования к сорту по проявлению таких показателей, как высокое качество плодов и устойчивость к важнейшим стрессорам, препятствующим проявлению всего потенциала продуктивности и качества плодов остается определяющим компонентом при оценке ценности сорта.

Таким образом, использование пребридинга на этапе выделения исходного материала для создания южного сортимента яблони, позволит ускорить и оптимизировать селекционный процесс получения адаптивных, качественных и технологичных сортов для этого региона.

### ВЫВОДЫ

1. Решение задачи ускоренного создания генотипов сортов на юге России диктует необходимость существенной корректировки селекционных подходов, при подборе исходного материала яблони.

2. При современных темпах развития технологий производства плодов на этапе предварительной селекции необходимо создание комплексных доноров для ускоренного создания сортов, отвечающих требованиям современного технологического цикла.

3. Проведение этапа пребридинга у вида *Malus domestica* Borkh. в условиях юга России даёт возможность выделить генотипы, расширяющие генетическое разнообразие исходного материала и позволяющие уже в первых гибридных поколениях вести отбор новых ценных форм для ускоренной селекционной практики и различных современных технологий производства плодов.

### Литература

1. Еремин, Г.В. Генетические коллекции плодовых растений / Г.В. Еремин // Итоги науки и техники. Общие проблемы биологии. - ВНИИ/Ц. - 1983, Т.2. - С. 87-107.
2. Еремин, Г.В. Генетические коллекции плодовых и ягодных растений / Г.В. Еремин. - СПб.: ВИР, 1994. - С.40.
3. Еремин, Г.В. Генетические подходы и методы селекции плодовых культур / Г.В. Еремин, С.Н. Артюх / Современные методические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. - Краснодар, 2012. - С. 91-97.
4. Еремин, Г.В. Генофонд, его изучение и использование в селекции / Г.В. Еремин / Современные методические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. - Краснодар, 2012. - С. 46-51.
5. Еремин, Г.В. Концепция создания и использования в селекции генетических коллекций косточковых плодовых растений / Г.В. Еремин, Т.А. Гасанова. - Крымск, 2009. - С. 46.
6. Еремин, Г.В. Общая и частная селекция и сортоведение плодовых и ягодных культур / Г.В. Еремин, А.В. Исачкин, И.В. Казаков и др.; - М.: Мир, 2004. - 422 с.
7. Еремин, Г.В. Особенности сбора, изучения и селекционного использования генофонда плодовых культур в условиях Северного Кавказа / Г.В. Еремин // Пути интенсификации и кооп. в селекции садовых культур и винограда: Материалы координационного совещания СКЗНИИСиВ. - Краснодар, 2002. - С.25-30.
8. Еремин, Г.В. Основные направления селекции плодовых культур на Северном Кавказе / Г.В. Еремин, А.П. Луговской, Е.В. Ульяновская // Современные методические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. - Краснодар, 2012. - С. 233-267.
9. Еремин, Г.В. Основные тенденции сортосмены у плодовых культур на Северном Кавказе / Г.В. Еремин // Организация – эконом. механизм инновационного процесса и приоритетной проблемы науч. обеспечения развития отрасли: Материалы к науч.-практ. конф. - Краснодар, 2008. - С. 44-51.
10. Еремин, Г.В. Перспективы использования мирового генофонда плодовых культур в селекции / Г.В. Еремин // Материалы к науч.-практ. конф. «Садоводство и виноградарство 21-го века». - Краснодар, 1999. - Ч.2. - С.149-151.
11. Еремин, Г.В. Проблемы адаптивной системы селекции плодовых культур / Г.В.Еремин // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: Материалы международной науч. конф. - Краснодар, 2004. - С. 16-29.
12. Еремин, Г.В. Разработка программ исследований и принципы подбора комбинаций скрещиваний / Г.В. Еремин // Современные методические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. - Краснодар, 2012. - С. 97-106.
13. Еремин, Г.В. Синтез комплексных доноров / Г.В. Еремин, И.И. Супрун // Современные методические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. - Краснодар, 2012. - С. 52-56.
14. Инденко, И.Ф. Имунные и толерантные сорта яблони для адаптивного садоводства / И.Ф. Инденко // Новые сорта и технологии возделывания плодовых и ягодных культур для садов интенсивного типа: тез. докл. и выступлений на международной науч. методической конф. - Орел: ВНИИСПК, 2001. - С. 78-79 с.
15. Сатибалов, А.В. Высоко адаптивные, продуктивные, устойчивые к болезням сорта яблони селекции СКЗНИИСиВ для условий лесогорной зоны Северного Кавказа / А.В. Сатибалов // Селекц.-ген. совершенствование породно-сортового состава садовых культур на Северном Кавказе: Краснодар: СКНИИГиС, 2005. - С. 104-107.
16. Седов, Е. Н. Генофонд и приоритетные направления в селекции яблони / Е. Н.Седов, Г.А. Седышева, М.А. Макарина, З.М.Серова //Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. - СПб.; ООО «Копи-Р», 2009. - С 238-242.
17. Калинина, И.П. Селекция яблони на юге Западной Сибири на зимостойкость, высокую урожайность, устойчивость к парше и повышению качества плодов / И.П. Калинина, З.С. Ящемская, С.А. Макаренко. - Новосибирск, 2010. - 272 с.
18. Козловская, З.А. Совершенствование сортимента яблони в Белоруссии / З.А. Козловская. - Минск. - 2003, - С.168.



19. Козловская, З.А. Сравнительная оценка потенциала устойчивости к парше сортов и гибридов яблони в интенсивный год / З.А. Козловская, С.А. Ярмолич, Г.М. Мазуро // Плодоводство .- Самохваловичи, 2005 .- Т.17 .- 4.1.- С. 30-34.
20. Предварительная селекция плодовых культур : монография / Г. В. Ерёмин, И. В. Дубравина, Н. Н. Коваленко, Т. А. Гасанова; под ред. Г. В. Ерёмина. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 335 с.
21. Савельев, Н.И. Яблоня / Н.И. Савельев // Создание новых сортов и доноров ценных признаков на основе идентифицированных генов плодовых растений. – Мичуринск, 2002 .- 327с.
22. Седов, Е.А. Достижения и перспективы селекции яблони (обзорная информация) / Е.А. Седов.- М.,1978. – 60 с.
23. Седов, Е. Н. Основные направления и методы селекции яблони / Е.Н. Седов // Селекция яблони в СССР: сб. статей .- Орел. -1981.- С. 14-27.
24. Седов, Е.Н. Селекция и новые сорта яблони / Е.Н.Седов. – Орел: ВНИИСПК, 2011 .- 624 с.
25. Седов, Е. Н. Генотип и приоритетные направления в селекции яблони / Е. Н.Седов, Г.А. Седышева, М.А. Макаркина, З.М.Серова //Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции.- СПб.; ООО «Копи-Р», 2009 .- 238-242.
26. Седов, Е. Н. Подбор и создание сортов яблони для сокового производства / Е.Н. Седов, Н.С. Левгерова, Е.С. Салина, З.М. Серова // Сельскохозяйственная биология. - 2010. - №5. - С. 16-22.
27. Седов, Е. Н. Пути создания триплоидных иммунных к парше сортов яблони / Е. Н.Седов, Г.А. Седышева, Е.В. Ульяновская, З.М. Серова // Тезисы докладов III Вавиловской международной конференции: Санкт-Петербург, 6-9 ноября 2012 г.- СПб.: ВИР, 2012 .- С. 334.
28. Седов, Е.Н. Селекция и новые сорта яблони / Е.Н.Седов. – Орел: ВНИИСПК, 2011 .- 624с.
29. Седов, Е. Н. Селекция на устойчивость к болезням / Е. Н. Седов, В.В. Жданов // Селекция яблони. - М.- Агропромиздат.- 1989. - С. 115- 155.
30. Седов, Е. Н. Селекция яблони / Е.А.Седов, и др. – М.: Агропромиздат, 1989 .- 256 с.
31. Седов, Е.А. Яблоня / Е.Н. Седов // Помология: Т. 1.- Орел: Изд-во ВНИИСПК, 2005. -576 с.
32. Шидаков, Р.С. Сортимент яблони и совершенствование его путем селекции в предгорьях Северного Кавказа / Р.С. Шидаков.- Нальчик. 1991.- 202 с.

#### References

1. Eremin, G.V. Geneticheskie kollekcii plodovyh rastenij / G.V. Eremin // Itogi nauki i tehniki. Obshhie problemy biologii .- VINI/C.- 1983, T.2.- S. 87-107.
2. Eremin, G.V. Geneticheskie kollekcii plodovyh i jagodnyh rastenij/ G.V. Eremin .- SPb.: VIR, 1994 .- 40s.
3. Eremin, G.V. Geneticheskie podhody i metody selekcii plodovyh kul'tur / G.V. Eremin, S.N. Artjuh / Sovremennye metodicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve.- Krasnodar, 2012.- S. 91-97.
4. Eremin, G.V. Genofond, ego izuchenie i ispol'zovanie v selekcii / G.V. Eremin / Sovremennye metodicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve.- Krasnodar, 2012.- S. 46-51.
5. Eremin, G.V. Konceptija sozdaniya i ispol'zovaniya v selekcii geneticheskikh kollekcij kostochkovykh plodovyh rastenij / G.V. Eremin, T.A. Gasanova.- Krymsk, 2009.- 46 s.
6. Eremin, G.V. Obshhaja i chastnaja selekcija i sortovedenie plodovyh i jagodnyh kul'tur/ G.V. Eremin, A.V. Isachkin, I.V. Kazakov i dr.:.- M.: Mir, 2004. - 422 s.
7. Eremin, G.V. Osobennosti sbora, izucheniya i selekcionnogo ispol'zovaniya genofonda plodovyh kul'tur v uslovijah Severnogo Kavkaza / G.V. Eremin // Puti intensifikacii i koop, v selekcii sadovyh kul'tur i vinograda: Materialy koordinacionnogo soveshhanija SKZNIISiV .- Krasnodar, 2002 .- S.25-30.
8. Eremin, G.V. Osnovnye napravleniya selekcii plodovyh kul'tur na Severnom Kavkaze / G.V. Eremin, A.P. Lugovskoj, E.V. Ul'janovskaja // Sovremennye metodicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve.- Krasnodar, 2012.- S. 233-267.
9. Eremin, G.V. Osnovnye tendencii sortosmeny u plodovyh kul'tur na Severnom Kavkaze / G.V. Eremin // Organizacija – jekonom. mehanizm innovacionnogo processa i prioritetnoj problemy nauch. obespecheniya razvitija otrasli: Materialy k nauch.-prak. konf.- Krasnodar, 2008 .- S. 44-51.
10. Eremin, G.V. Perspektivy ispol'zovaniya mirovogo genofonda plodovyh kul'tur v selekcii / G.V. Eremin // Materialy k nauch.- prakt. konf. «Sadovodstvo i vinogradarstvo 21-go veka».- Krasnodar, 1999.- Ch.2.- S.149-151.
11. Eremin, G.V. Problemy adaptivnoj sistemy selekcii plodovyh kul'tur / G.V.Eremin // Problemy jekologizacii sovremennogo sadovodstva i puti ih reshenija: Materialy mezhdunarodnoj nauch. konf.- Krasnodar, 2004 .- S. 16-29.
12. Eremin, G.V. Razrabotka programm issledovanij i principy podbora kombinacij skreshhivaniy / G.V. Eremin // Sovremennye metodicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve .- Krasnodar, 2012. - S. 97-106.
13. Eremin, G.V. Sintez kompleksnyh donorov / G.V. Eremin, I.I. Suprun // Sovremennye metodicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve .- Krasnodar, 2012.- S. 52-56.
14. Indenko, I.F. Immunnye i tolerantnyye sorta jabloni dlja adaptivnogo sadovodstva / I.F. Indenko // Novye sorta i tehnologii vozdeljvaniya plodovyh i jagodnyh kul'tur dlja sadov intensivnogo tipa: tez. dokl. i vystuplenij na mezhdunarodnoj nauch. metodicheskij konf. – Орел: VNIISPK, 2001 .- 78-79 s.
15. Satibalov, A.V. Vysokoadaptivnye, produktivnye, ustojchivye k boleznjam sorta jabloni selekcii SKZNIISiV dlja uslovij lesogornoj zony Severnogo Kavkaza / A.V. Satibalov // Selekc.-gen. sovershenstvovanie porodno-sortovogo sostava sadovyh kul'tur na Severnom Kavkaze: Krasnodar: SKNIIGiS, 2005. – S. 104-107.
16. Sedov, E. N. Genofond i prioritetnye napravleniya v selekcii jabloni / E. N.Sedov, G.A. Sedysheva, M.A. Makarkina, Z.M.Serova //Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции.- СПб.; ООО «Копи-Р», 2009 .- 238-242.
17. Kalinina, I.P. Selekcija jabloni na juge Zapadnoj Sibiri na zimostojkost', vysokuju urozhajnost', ustojchivost' k parshe i povysheniju kachestva plodov / I.P. Kalinina, Z.S. Jashhemskaaja, S.A. Makarenko.- Novosibirsk, 2010 .- 272 s.
18. Kozlovskaja, Z.A. Sovershenstvovanie sortimenta jabloni v Belorussii / Z.A. Kozlovskaja. – Minsk .- 2003, - S.168.

19. Kozlovskaja, Z.A. Sravnitel'naja ocenka potentsiala ustojchivosti k parshe sortov i gibridov jabloni v intensivnyj god / Z.A. Kozlovskaja, S.A. Jarmolich, G.M. Mazuro // Plodovodstvo .- Samohvalovich, 2005 .- T.17 .- 4.1.- S. 30-34.
20. Savel'ev, N.I. Jablonja / N.I. Savel'ev // Sozdanie novyh sortov i donorov cennyh priznakov na osnove identifirovannyh genov plodovyh rastenij. – Michurinsk, 2002 .- 327s.
21. Sedov, E.A. Dostizhenija i perspektivy selekcii jabloni (obzornaja informacija) / E.A. Sedov.- M.,1978. – 60 s.
22. Sedov, E. N. Osnovnye napravlenija i metody selekcii jabloni / E.N. Sedov // Selekcija jabloni v SSSR: sb. statej .- Orel. -1981.-S. 14-27.
23. Sedov, E.N. Selekcija i novye sorta jabloni / E.N.Sedov. – Orel: VNIISPK, 2011 .- 624s.
24. Shidakov, R.S. Sortiment jabloni i sovershenstvovanie ego putem selekcii v predgor'jah Severnogo Kavkaza / R.S. Shidakov.- Nal'chik. 1991.- 202 s.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.119

Кордабовский В.Ю.

Старший научный сотрудник,

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

### ВЛИЯНИЕ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ И ВЕЛИЧИНЫ СЕМЕННЫХ КЛУБНЕЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМНОЖЕНИЯ НОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ

*Аннотация*

*В статье излагаются вопросы разработки основных элементов агротехники для увеличения выхода семенных клубней перспективных гибридов картофеля местной селекции. Объем исследований включает опыт по определению оптимальной площади питания и крупности семян для выделенных гибридных популяций Север (Барака × Аусония) и Арктика (Дар × 1198-2), способствующих получению наиболее качественного семенного материала. Показана зависимость коэффициента размножения от густоты посадки и веса семенной фракции.*

**Ключевые слова:** картофель, семеноводство, гибриды, клубни, коэффициент размножения, урожай.

Kordabovskiy V.Y.

Head of scientific investigates work

FSBSI Magadan Research Agricultural Institute

### THE INFLUENCE PLANTING DENSITY AND VALUE TUBERS SEED ON REPRODUCTION COEFFICIENT NEW POTATOES HIBRIDS

*Abstract*

In article directions the questions working up basic of elements agrotechnics for in-crease yield per tubers seed hybrids potatoes prospective selection locality. The capacity of research include experiment on definition area optimum nourishment and seed large for swarm select hybrids North (Baraka × Aysonia) and Arctic (Dar × 1198-2) promote receipt most the material qualities seed. Display dependence on coefficient reproduction from planting density and weight fraction seed

**Keywords:** potatoes, seed growing, hybrids, tubers, reproduction coefficient, harvest.

Сотрудниками ФГБНУ Магаданский НИИСК на протяжении ряда лет проводится селекционная работа по созданию новейших сортов картофеля для северной зоны Дальнего Востока. В результате определен ряд гибридных популяций с урожайностью 30-50 т/га, отличающихся скороспелостью и максимально адаптированных к экстремальному климату Магаданской области. Огромное значение, при этом, имеет не только создание таких сортов, но и эффективное их семеноводство, стабильно обеспечивающее сельскохозяйственное производство доброкачественным семенным материалом и значительно продлевающее жизнь любого сорта. Поэтому, наряду с селекцией, разрабатываются вопросы сортовой агротехники наиболее перспективных генотипов картофеля, с целью получить наибольшее количество клубней с одного растения, тем самым, повысить коэффициент размножения культуры.

Существует ряд приемов, позволяющих в значительной степени увеличить выход семенной продукции. Помимо этого, картофельное растение обладает хорошей отзывчивостью на усовершенствованные приемы агротехники, в результате чего можно значительно повысить урожай культуры, а, следовательно, и коэффициент размножения.

По результатам работ ряда авторов, одними из важнейших факторов, влияющих на способность картофеля к дополнительному клубнеобразованию, являются размер площади питания и масса семенных клубней [1,2,3]. Установлено, что продуктивность картофеля прямо пропорциональна величине посадочного клубня. Лучшая семенная фракция средняя - клубни весом 50-80 г. Что касается мелких семян (15-30 г), то одни ученые считают их использование нецелесообразным, так как они произошли от больных и недоразвитых растений, а другие допускают их посадку, но при соответствующем загущении. Наиболее распространенная густота посадки находится в следующих пределах: для северных и северо-западных районов нечерноземной зоны - 50-55 тыс. кустов на 1 га, для центральных и южных районов этой же зоны - 45-55 тыс.

Для изучения оптимального количества растений на 1 га и фракционного веса семян, влияющих на коэффициент размножения выделенных гибридов Север (Барака×Аусония) и Арктика (Дар×1198-2), в 2015 году в питомниках селекционного размножения были начаты соответствующие исследования. Почва опытных участков дерново-аллювиальная, с песчано-галечниковой примесью со следующими агротехническими характеристиками пахотного горизонта: содержание гумуса - 3,0-3,5%, рН солевой вытяжки - 4,6-4,9%, нитратного азота - 2,0-3,1 мг, аммиачного азота - 5,5-5,7, подвижного фосфора - 72,0-95,0, подвижного калия - 14,1-18,2 мг на 100 г почвы.

Агротехника: весенняя вспашка на глубину 22-24 см, нарезка борозд с междурядьями 70 см, локальное внесение минеральных удобрений из расчета  $N_{90}P_{120}K_{140}$  кг действующего вещества на гектар. Посадку провели в начале первой декады июня пророщенными в течение 35-40 - дней семенами. Уход за растениями состоял в дождевом опрыскивании поля от сорняков раствором лазурита, культивации междурядий и двукратном окучивании.

Метеорологические условия вегетационного периода сложились достаточно благоприятными для выращивания картофеля. Сумма температур выше  $5^{\circ}C$  превысила среднегодовую на  $256^{\circ}C$ , а осадков выпало в пределах нормы.

Таблица 1 – Структура урожая в зависимости от схемы посадки и веса семенной фракции клубней

Схема посадки. см	Густота посадки, тыс.шт./га	Семенная фракция, г	Количество клубней с 40 растений, шт.	В том числе по фракциям		
				до 30 г, шт.	30-100 г, шт.	свыше 100г, шт.
Север (Барака × Аусония)						
70×30 (контроль)	47,6	50-80	364	56	220	88
70×15	95,2	50-80	312	71	192	49
70×30	47,6	30-50	252	43	166	43
70×15	95,2	30-50	196	59	114	23
70×30	47,6	»80	376	21	246	109
70 ×15	95,2	»80	324	56	204	64
Арктика (Дар × 1198-2)						
70×30 (контроль)	47,6	50-80	444	53	276	115
70×15	95,2	50-80	376	75	224	77
70×30	47,6	30-50	324	84	188	52
70×15	95,2	30-50	244	99	128	17
70×30	47,6	»80	512	66	310	136
70 ×15	95,2	»80	416	109	244	63

Определение структуры урожая (таблица 1) показывает, что при одинаковой густоте посадки, выход клубней с одного куста у указанных гибридов тем выше, чем крупнее семена. Вместе с тем, этот показатель снижается с уменьшением площади питания картофеля, независимо от веса семенной фракции. Наибольшее число общих клубней (376 штук и 512) и семенных (246 штук и 300) с 40 кустов у гибридов Север и Арктика, соответственно, получено в варианте при густоте 47600 растений на один гектар и величине посадочного клубня превышающей 80 грамм. Сравнивая данные структуры урожая по отдельным фракциям (до 30 г, 30-100 г и свыше 100 г), следует отметить, что основной процент от общего сбора занимают семенные клубни весом от 30 до 100 г. Наблюдается также четкая закономерность по изменению массовой доли мелких клубней (до 30 г) и крупных (свыше 100 г) в зависимости от технологии возделывания: с увеличением густоты посадки более резко повышается выход первых и уменьшается вторых.

Максимальный сбор клубней с единицы площади, в том числе и семенной фракции, по исследуемым гибридам, зафиксирован в вариантах со схемой питания 70 × 15 см (95200 шт./га). Как видно из таблицы 2, в выше названных вариантах, количество собранных клубней зависело от посадочной массы семян и составило: у гибрида Север - 447 тыс. шт./га (30-50 г), 743 тыс. шт./га (50-80 г) и 773 тыс. шт./га (>80 г); у гибрида Арктика-583,894 и 987 тыс.шт./га соответственно.

Таблица 2 –Влияние схемы посадки, веса семенной фракции на количество клубней и коэффициент размножения

Схема посадки. см	Густота посадки, тыс.шт./га	Семенная фракция, г	Сбор клубней с 1 га, тыс.шт.		Коэффициент размножения	
			всего	семенной фракции (30- 100 г)	общий	семенной фракции
Север (Барака × Аусония)						
70×30 (контроль)	47,6	50-80	433	264	1:9,1	1:5,5
70×15	95,2	50-80	743	454	1:7,8	1:4,8
70×30	47,6	30-50	299	161	1:6,3	1:3,4
70×15	95,2	30-50	467	294	1:4,9	1:3,1
70×30	47,6	»80	447	290	1:9,4	1:6,1
70 ×15	95,2	»80	773	483	1:8,1	1:5,1

Окончание табл.2 – Влияние схемы посадки, веса семенной фракции на количество клубней и коэффициент размножения

Схема посадки. см	Густота посадки, тыс.шт./га	Семенная фракция, г	Сбор клубней с 1 га, тыс.шт.		Коэффициент размножения	
			всего	семенной фракции (30- 100 г)	общий	семенной фракции
Арктика (Дар × 1198-2)						
70×30 (контроль)	47,6	50-80	529	328	1:11,1	1:6,9
70×15	95,2	50-80	894	536	1:9,4	1:5,6
70×30	47,6	30-50	386	224	1:8,1	1:4,7
70×15	95,2	30-50	583	356	1:6,1	1:3,7
70×30	47,6	»80	609	359	1:12,8	1:7,5
70 ×15	95,2	»80	987	582	1:10,4	1:6,1

Самые высокие коэффициенты размножения, общий и семенными клубнями (фракция 30-100 г), отмечены в варианте со схемой посадки 70 × 30 см и весе семян свыше 80 г. По гибриду Север они составили 1:9,4 и 1:6,1, по гибриду Арктика 1:12,8 и 1:7,5 при соответствующих показателях в контрольном варианте 1:9,1 и 1:5,5 и 1:11,1 и 1:6,9.

На основании проведенных исследований можно сделать предварительные выводы:

- при загущенной посадке количество клубней под одним кустом и вес уменьшаются, однако выход клубней с единицы площади значительно возрастает по всем фракциям пропорционально густоте посадки;
- вариант со схемой посадки 70 × 15 и весе семенных клубней больше 80 г, хотя и превосходит контрольный по коэффициенту размножения, но по расходу семенного материала на один гектар превышает его на 5,5 тонны (8,6 т/га вместо 3,1 т/га). При таких затратах производство семян становится нерентабельным;
- мелкие клубни (30-50 г) следует высаживать на семенных участках с загущением до 95,2 тыс. кустов на 1 га;
- схема посадки 70 × 30 см при массе клубней весом свыше 80 г и средней семенной фракции 50-80 г обеспечивают наибольший коэффициент размножения гибридов Север и Арктика.

#### Литература

1. Рогозина И.И. Выращивание картофеля в питомниках первичного семеноводства с увеличенной площадью питания // семеноводство картофеля. - М., 1986. - С. 77 - 80.
2. Забара М.Г., Мелеткевич А.А. Зависимость коэффициента размножения картофеля от площади питания и размера клубней // Картофелеводство: селекция, семеноводство. Агротехника. - Минск, 1986. - С. 107 - 116.
3. Писарев Б.А. Книга о картофеле. – М.: Моск. рабочий, 1977. – С.170.

#### References

1. Rogozina I.I. Vorachivanie kartofelya v pitomnikah pervichnogo semenovodstva s yvelichennoy plochadi pitaniya // Semenovodstvo kartofela. – M., 1986 – S. 77-80.
2. Zabara M.G., Melechkevich A.A. Zavisimost koefficienta razmnogeniya kartofelya ot plochadi pitaniya i razmera klybney // Kartofelevodstvo: selekciya, semenovodstvo, agrotechnika. – Minsk, 1986. - S. 107 - 116.
3. Pisarev B. A. Kniga o kartofele. – M.: Mosk. rabochiy, 1977. – S. 170.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.165

Лепёхина Т.В.<sup>1</sup>, Привалова З.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»

<sup>2</sup>аспирант кафедры генетики и разведения животных имени В.Ф. Красоты, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПРИЗНАКОВ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ЛИНИЙ

Аннотация

В статье представлены результаты эксперимента по анализу повторяемости молочной продуктивности голштинизированных коров черно-пестрой породы, в условиях ЗАО ПЗ «Повадино» Московской области. От лактации к лактации коэффициент повторяемости возрастает, что указывает на способность коров к раздаиванию с возрастом. К качественным показателям молочной продуктивности относятся массовая доля жира и массовая доля белка, они так же имеют особенность повторяться. Большой коэффициент повторяемости установлен у коров линии - 95679 Монтвик Чифтейн между пятой и шестой лактациями и составляет  $R=0,97$ . Коэффициенты повторяемости отражают индивидуальные особенности коров разных генотипов, и следует учитывать их при селекции животных.

**Ключевые слова:** молочная продуктивность, повторяемость, линия.

Lepekhina T.V.<sup>1</sup>, Privalova Z.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD in Biology, associate professor of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA. by K.I. Scriabina"

<sup>2</sup>postgraduate student of department of genetics and breeding of V.F. Krasota, Federal State Budgetary Educational Institution of the Higher Education "The Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA. by K.I. Scriabina"

## REPEATABILITY OF SIGNS OF DAIRY EFFICIENCY AT COWS OF BLACK AND MOTLEY BREED OF DIFFERENT LINES

Abstract

Results of experiment on the analysis of repeatability of dairy efficiency the golshтинizirovannykh of cows of black and motley breed, in the conditions of CJSC PZ Povadino of the Moscow region are presented in article. From a lactation to a lactation the coefficient of repeatability increases that indicates ability of cows to a razdaivaniye with age. The mass fraction of fat and a mass fraction of protein belong to quality indicators of dairy efficiency, they also have feature to repeat. The bigger coefficient of repeatability is established at cows of the line - 95679 Montvik Chifteyn between the fifth and sixth lactations and makes  $R=0,97$ . Coefficients of repeatability reflect specific features of cows of different genotypes, and it is necessary to consider them at selection of animals.

**Keywords:** milk yield, repeatability, line.

Исследования по изучению повторяемости молочной продуктивности голштинизированных коров проводили в племязаводе ЗАО ПЗ «Повадино» Московской области. Для анализа молочной продуктивности были отобраны коровы разных генераций, число которых составило 295 голов. Основным материалом для исследования служили данные зоотехнического и племенного учета животных (форма 2-МОЛ). Генеалогическая структура маточного стада поголовья племенного завода представлена ведущими линиями голштинского скота: 198988 Рефлекшн Соверинг, 95679 Монтвик Чифтейн, 933122 Вис Бэк Айдиал и 307369 Барона. Основная масса животных этих линий являются потомками производителей импортной селекции Голландии, США, Канады и Дании.

В процессе интенсификации отрасли животноводства на современном этапе развития молочного скотоводства решающее значение принадлежит породе. Большое значение в селекции совершенствования племенной ценности скота черно-пестрой породы приобретает разработка программ для разведения животных [2]. Проявление взаимосвязи между определенными признаками и показателями является главным условием в селекционном процессе [1]. На стабильность повышения удоев коров по лактациям и связи между ними указывает коэффициент повторяемости ( $R$ ), поэтому одним из основных этапов исследования было проведение анализа коэффициентов повторяемости между хозяйственно-полезными признаками такими как: удой, массовая доля жира, массовая доля белка коров-дочерей по лактациям в среднем по стаду. Следует отметить, что уровень корреляции считается высоким, если его значение выше 0,66, средним 0,33 до 0,66 и низким, если его значение меньше 0,33.

По результатам полученных данных (табл.1) установлено: у коров-дочерей разных генераций повторяемость показателей молочной продуктивности по удою высокая и находится в пределах  $R=0,45$  до  $R=0,86$ . При этом коэффициент повторяемости возрастает от лактации к лактации, что говорит о нарастании связи между лактациями. По массовой доле белка коэффициент повторяемости находится в пределах  $R=0,42$  до  $R=0,99$ , это говорит о наличии высокой связи между лактациями. По молочному белку наблюдаем средние показатели коэффициентов повторяемости от  $R=0,36$  до 0,57.

Таблица 1 – Коэффициенты повторяемости (R) молочной продуктивности коров-дочерей черно-пестрой породы по лактациям

Показатели			
Лактации	Удой	Массовая доля жира	Массовая доля белка
1-2	0,45±0,15	0,36±0,12	0,42±0,14
2-3	0,50±0,17	0,21±0,07	0,33±0,11
3-4	0,61±0,20	0,48±0,16	0,47±0,16
4-5	0,70±0,23	0,54±0,18	0,62±0,21
5-6	0,82±0,27	0,36±0,12	0,60±0,20
6-7	0,92±0,31	0,57±0,19	0,68±0,23
7-8	0,86±0,29	0,21±0,07	0,99±0,33

В ходе исследований (табл. 2) коэффициентов повторяемости молочной продуктивности коров-дочерей линии 198998 Рефлекшн Соверинг установлено, что коэффициенты повторяемости молочной продуктивности высокие. При этом коэффициенты повторяемости по удою находятся в пределах от R=0,42 до R=0,87. Более стабильные средневые коэффициенты повторяемости отмечены по массовой доле белка и находятся в пределах от R=0,38 до R=0,64 и массовой доле жира от R=0,38 до R=0,40.

Анализ данных (табл. 3) показал, что коэффициенты повторяемости у коров-дочерей по линии 933122 Вис Бэк Айдиал по удою высокие и находятся в пределах от R=0,20 до R=0,74. От лактации к лактации коэффициенты повторяемости возрастают и достигают между пятой и шестой лактациями R=0,74. Это говорит о том, что связь нарастает и становится более устойчивой. Существенных отклонений коэффициентов повторяемости по массовой доле белка не выявлено, коэффициент повторяемости находится в пределах R=0,46 до R= 0,78. Однако мы констатируем увеличение коэффициента повторяемости от первой лактации до седьмой, если коэффициент повторяемости между шестой и седьмой лактациями составляет R=0,78, чего мы не можем сказать о показателях коэффициентов повторяемости по массовой доле жира, где связь сохраняется до четвертой и пятой лактации в дальнейшем идет на спад.

Таблица 2 – Коэффициенты повторяемости (R) молочной продуктивности коров-дочерей черно-пестрой породы по лактациям, линии 198998 Рефлекшн Соверинг

Показатели			
Лактации	Удой	МДЖ	МДБ
1-2	0,42±0,14	0,38±0,13	0,38±0,13
2-3	0,62±0,21	0,17±0,06	0,27±0,09
3-4	0,64±0,21	0,44±0,15	0,54±0,18
4-5	0,68±0,23	0,52±0,17	0,62±0,21
5-6	0,87±0,29	0,40±0,13	0,64±0,21

По результатам исследований (табл.4) коров-дочерей линии 307369 Барона установлено, что повторяемость молочной продуктивности достоверна с положительно средними колебаниями от R=0,62 до 0,25. Существенных отклонений по массовой доле белка и жира не выявлено. Коэффициенты повторяемости по массовой доле жира находятся в пределах R=0,56 до R=0,97, по массовой доле белка от R=0,70 до R=0,53.

Однако после третьей и четвертой лактациями мы наблюдаем снижение коэффициента повторяемости, что говорит о снижении связи между лактациями, связь теряется и становится отрицательной. Коэффициент повторяемости по удою между пятой и шестой лактациями составляет R= -0,50, по массовой доле жира R=0,24, по массовой доле белка R=0,42.

Таблица 3 – Коэффициенты повторяемости (R) молочной продуктивности коров-дочерей черно-пестрой породы по лактациям, линии 933122 Вис Бэк Айдиал

Показатели			
Лактации	Удой	МДЖ	МДБ
1-2	0,20±0,07	0,20±0,07	0,46±0,15
2-3	0,22±0,07	0,41±0,14	0,31±0,10
3-4	0,38±0,13	0,53±0,18	0,51±0,17
4-5	0,73±0,24	0,70±0,23	0,63±0,21
5-6	0,74±0,25	0,25±0,08	0,75±0,25
6-7	0,74±0,25	0,37±0,12	0,78±0,26

Полученные нами данные (табл.5), коэффициентов повторяемости молочной продуктивности коров-дочерей, линии 95679 Монтвик Чифтейн, говорят о наличии высокой положительной взаимосвязи по удою, и находится в пределах от R=0,69 до R=0,97. От лактации к лактации коэффициент повторяемости возрастает, что указывает на способность коров к раздаиванию с возрастом. Средние коэффициенты повторяемости наблюдаем по массовой доле жира массовой доле белка между первой и второй лактациями и четвертой и пятой лактациями. Находятся в пределах по массовой доле белка от R=0,39 до R=0,64 и массовой доле жира R=0,51 до R=0,36.

Таблица 4 – Коэффициенты повторяемости (R) молочной продуктивности коров-дочерей черно-пестрой породы, линии 307369 Барона

Показатели			
Лактации	Удой	МДЖ	МДБ
1-2	0,62±0,21	0,56±0,19	0,70±0,23
2-3	0,17±0,06	0,38±0,13	0,61±0,20
3-4	0,59±0,20	0,18±0,06	0,90±0,30
4-5	0,25±0,08	0,97±0,32	0,53±0,18
5-6	-0,50±0,08	0,24±0,08	0,42±0,14

Таблица 5 – Коэффициенты повторяемости (R) молочной продуктивности коров-дочерей черно-пестрой породы, линии 95679 Монтвик Чифтейн

Показатели			
Лактации	Удой	МДЖ	МДБ
1-2	0,69±0,23	0,39±0,13	0,51±0,17
2-3	0,53±0,18	0,21±0,07	0,46±0,15
3-4	0,67±0,22	0,57±0,19	0,70±0,23
4-5	0,77±0,26	0,64±0,21	0,36±0,12
5-6	0,97±0,32	0,06±0,02	0,08±0,03



Таким образом, при анализе коэффициентов повторяемости молочной продуктивности коров разных генераций, в условиях ЗАО ПЗ «Повадино» Московской области, можно отметить линии 933122 Вис Бэк Айдиал и 95679 Монтвик Чифтейн. Коэффициенты повторяемости, у которых по удою довольно высокие. От лактации к лактации коэффициенты повторяемости возрастают. Большой коэффициент повторяемости установлен по удою у коров линии - 95679 Монтвик Чифтейн между пятой и шестой лактациями и составляет  $R=0,97$ . Это говорит о том, что связь нарастает и становится более устойчивой.

#### Литература

1. Каналина Н. М. Взаимосвязь между признаками молочной продуктивности коров разных линий / Н.М. Каналина, М.А. Сушенцова // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. - 2015. - №1 - С.104-107.
2. Назарченко, О. В. Молочная продуктивность и ее изменчивость, повторяемость у голштинизированных коров черно-пестрой породы в условиях Зауралья // Вестник КрасГАУ. - 2009. - №10 - С.97-100.

#### References

1. Kanalina, N. M. Vzaimosvyaz between signs of dairy efficiency of cows of different lines / N. M. Kanalina, M. A. Sushentsova // Scientific notes of KGAVM of N.E. Bauman. - 2015. - №1. - P. 104-107.
2. Nazarchenko O. V. Dairy efficiency and its variability, repeatability at the golshthinizirovannykh of cows of black and motley breed in the conditions of Zauralie // the Messenger of KRASGAU. 2009. - №.10. - P. 97-100.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.071

Леутина Д.В.<sup>1</sup>, Кольцов Д.Н.<sup>2</sup>, Цысь В.И.<sup>3</sup>, Татиева О.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Аспирант, <sup>2</sup>кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <sup>3</sup>доктор сельскохозяйственных наук, профессор, <sup>4</sup>соискатель, Смоленский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

### НЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД ДО ПЕРВОГО ОТЕЛА У КОРОВ БУРОЙ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

#### Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме поиска путей сокращения непродуктивного периода коров бурой швицкой породы. Продолжительность непродуктивного периода или возраст коров при первом отеле оказывает большое влияние на конкурентоспособность породы и определяет ее скороспелость. В результате исследований изучены: продолжительность непродуктивного периода у коров бурой швицкой породы и возможности его сокращения; непродуктивный период у коров с учетом линейной принадлежности и особенности лучших коров стада племенного репродуктора СПК «Дружба» Смоленской области. По признаку скороспелости стадо племенного репродуктора неоднородно. Возраст при первом отеле (непродуктивный период) у 50,6 % коров превышает 30 месяцев. Одним из главных резервов повышения скороспелости животных является максимальное использование в подборках быков-улучшателей, в потомстве которых выявляется много скороспелых дочерей.

**Ключевые слова:** непродуктивный и продуктивный периоды, племенной репродуктор, бурая швицкая порода, лактация.

Leutina D.V.<sup>1</sup>, Koltsov D.N.<sup>2</sup>, Tsys V.I.<sup>3</sup>, Tatueva O.V.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Postgraduate student, <sup>2</sup>PhD of Agriculture, Associative Professor, <sup>3</sup>PhD of Agriculture, Professor, <sup>4</sup>postgraduate student, Federal state budgetary scientific institution "Smolensk research Institute of agriculture"

### UNPRODUCTIVE PERIOD BEFORE THE FIRST CALVING COWS OF THE BROWN SWISS BREED OF CATTLE

#### Abstract

The article is devoted to finding ways to reduce unproductive period of cows Brown Swiss breed. The duration of the unproductive period or age of cows at first calving has a great influence on the competitiveness of the breed and determine her maturity. The studies examined: duration of the unproductive period in cows of Brown Swiss breed and the possibility of his reduction; unproductive period in cows given the linear facilities and features of the best cows of the herd of breeding farm SPK "Druzba" in Smolensk region. On the basis of precocity of the herd of breeding farm heterogeneous in form. Age at the first calving in 50.6% of cows more than 30 months. One of the main reserves for increasing precocity of animals is to maximize the use of selections of bulls-improvers, in the offspring which is much precociouness daughters.

**Keywords:** unproductive and productive periods, breeding farm, Brown Swiss, lactation

**М**олочное скотоводство – ресурсоемкая отрасль с длительным производственным циклом и сроком окупаемости. Поэтому выбор конкурентоспособных пород для разведения имеет очень большое значение. Продолжительность хозяйственного использования коров можно разделить на два периода: непродуктивный, который длится от рождения телки до отела нетели и продуктивный - от первого отела до выбытия коровы. Продуктивное долголетие выражают в отелах, лактациях, днях лактации.

В среднем по России этот показатель составляет 4,1 отела, а в племенных заводах - 3,6 отела [4].

Дальнейшее сокращение продолжительности продуктивного использования коров может отрицательно повлиять на экономические показатели молочного скотоводства. В племенных хозяйствах это приведет к замедлению темпов выведения маточных семейств, типов и снижению эффективности отбора ремонтного молодняка.

Продолжительность непродуктивного периода или возраст коров при первом отеле оказывает большое влияние на конкурентоспособность породы. Кроме того, этот показатель определяет скороспелость породы [2].

Бурая швицкая порода крупного рогатого скота - средней скороспелости. Возраст коров при первом отеле во всех категориях хозяйств - 32 мес., а в племенных заводах - 31 мес. и по этому показателю животные этой породы

значительно уступают породам молочного направления продуктивности, которые являются более скороспелыми и первый отел у них проходит в возрасте до 30 месяцев [1,3].

Учитывая актуальность данной проблемы, цель исследований - изучить продолжительность непродуктивного периода у коров бурой швицкой породы племенного репродуктора и выявить резервы его сокращения.

В задачи исследований входило:

- определить продолжительность непродуктивного периода у коров «мини-стада»;
- провести анализ непродуктивного периода у коров с учетом линейной принадлежности;
- изучить возможности сокращения непродуктивного периода у коров до 30-ти месяцев.

Исследования проведены в 2013-2016 гг. в стаде племенного репродуктора по разведению бурой швицкой породы крупного рогатого скота СПК «Дружба» Починковского района Смоленской области. В 2013 году это хозяйство преобразовано из товарного в племенной репродуктор и в настоящее время динамично развивается. Ежегодно стадо коров обновляется за счет собственного ремонта. В 2015 году средний удой 611 коров стада составил 5352 кг молока. Исследования проведены по общепринятым методикам, использованы материалы зоотехнического и племенного учета. В обработку включены данные о продуктивных качествах 204 чистопородных коров бурой швицкой породы, что составляет 33,4% от общего поголовья, учетом генеалогической структуры это поголовье можно рассматривать, как «мини-стадо».

По продолжительности непродуктивного периода стадо неоднородно, о чем свидетельствуют данные таблицы 1 и рисунка.

Таблица 1 – Распределение коров с учетом продолжительности непродуктивного периода

Непродуктивный период до первого отела, мес.	Всего коров,	
	гол	%
<25	18	8,8
25-27	46	22,5
28-30	37	18,1
31-33	45	22,1
34-36	33	16,2
>36	25	12,3
Всего	204	100,0

Из данных таблицы видно, что примерно каждая десятая корова (8,8%) первый раз отелилась в возрасте менее 25 месяцев и у каждой десятой (12,3%) непродуктивный период составил более 36 месяцев. Крайними величинами этого показателя являются 22 месяца у коровы Кудесницы 3072 из род. группы Лейрда 71151 и 39 месяцев - у Мышки 1647 из род. группы Концентра 106157.

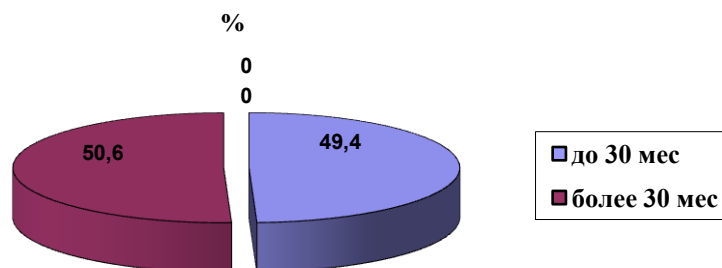


Рис. 1 – Распределение коров с учетом продолжительности непродуктивного периода

Анализ показал, что больше половины коров 103 гол, или 50,6 % имеют возраст при первом отеле больше 30 месяцев.

Нами изучена молочная продуктивность и живая масса коров «мини-стада» за лучшую лактацию в зависимости от возраста первого отела, о чем данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Молочная продуктивность и живая масса коров «мини-стада» за лучшую лактацию в зависимости от возраста первого отела

(M±m)

Непродуктивный период до первого отела, мес	Всего коров, гол	Удой, кг	Молочный			Живая масса, кг
			жир,		белок, %	
			%	кг		
<25	18	5831±122*	3,78±0,03	221±4	3,25±0,04	504±11
25-27	46	5604±72	3,86±0,02	219±4	3,36±0,03	489±5
28-30	37	5529±63	3,88±0,03 *	212±3	3,38±0,03*	488±6
31-33	45	5747±82	3,84±0,03	221±3	3,37±0,03	503±5
34-36	33	5889±96	3,83±0,03	225±4 **	3,31±0,03	507±5 *
>36	25	5752±105	3,83±0,03	218±5	3,33±0,02	500±6

Примечание: \* - $p \leq 0,05$ ; \*\* - $p \leq 0,01$ ; \*\*\* - $p \leq 0,001$ 

Из данных таблицы видно, что высокие удои (5831 и 5889 кг) отмечены у животных, непродуктивный период которых составил менее 25 мес. и 34-36 месяцев. У коров, непродуктивный период которых составил менее 25 мес., разность по удою, содержанию белка в молоке и выходу молочного жира достоверна по первому порогу (при  $p \leq 0,05$ ) по сравнению с животными с непродуктивным периодом от 28 до 30 месяцев. По выходу молочного жира у животных с непродуктивным периодом 34-36 мес. разность достоверна по второму порогу (при  $p \leq 0,01$ ) при сравнении с животными третьей группы.

Данные по изменчивости показателей молочной продуктивности и живой массы коров «мини-стада» за лучшую лактацию в зависимости от продолжительности непродуктивного периода представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменчивость показателей молочной продуктивности и живой массы коров за лучшую лактацию (Cv,%)

Непродуктивный период до первого отела, мес	Всего коров, гол	Удой, кг	Молочный			Живая масса, кг
			жир,		белок,	
			%	кг	%	
< 25	18	8,9	3,1	8,3	3,1	9,7
25-27	46	8,6	3,2	11,9	3,4	6,5
28-30	37	6,9	3,8	9,1	2,8	8,1
31-33	45	9,5	4,4	10,7	4,1	7,1
34-36	33	9,3	2,8	10,1	3,5	5,6
>36	25	9,2	4,4	12,5	2,5	6,5

Анализируя данные таблицы, следует отметить, что значительных различий между группами по изменчивости показателей молочной продуктивности и живой массы коров за лучшую лактацию в зависимости от продолжительности непродуктивного периода не выявлено. Коровы в группах характеризуются выравниваем по учетным показателям.

Нами изучена продолжительность непродуктивного периода у коров с учетом линейной принадлежности (табл.4).

Из данных таблицы видно, что имеются различия по продолжительности непродуктивного периода среди коров с учетом их линейной принадлежности. Больше скороспелых коров выявлено в родственной группе Лейрда 71151 (11,2%), заводских линиях Азота-Пловца 196 и Амура 3033- 15,8% и 17,7%, соответственно. Доля позднеспелых животных с продолжительностью непродуктивного периода более 36 месяцев в род. группе Меридиана 90827 составляет 16,6%, а в род. группе Концентра 106157 -24,4%, то есть почти каждая четвертая корова.

Таблица 4 – Непродуктивный период у коров с учетом линейной принадлежности

(%)

Линия, род. группа	Всего коров, гол	Из них с продолжительностью непродуктивного периода, мес					
		<25	25-27	28-30	31-33	34-36	>36
Меридиана 90827	66	3,1	18,2	10,6	27,3	24,2	16,6
Амура 3033	51	17,7	23,6	31,4	17,6	7,8	1,9
Концентрата 106157	41	2,4	14,6	2,5	26,9	29,2	24,4
Лейрда 71151	27	11,2	29,6	33,3	14,8	-	11,1
Азота-Пловца 196	19	15,8	42,2	21,1	15,7	5,2	-

Прогресс любой породы обеспечивают высокопродуктивные коровы. Большую племенную ценность представляют животные, раздоенные до высокой продуктивности в молодом возрасте.

Среди дочерей быка Эмпита 79093 из родственной группы Лейрда 71151 выявлены высокопродуктивные дочери, которые раздоены до высокой продуктивности уже по первой лактации: корова Кудесница 3072 первый раз отелилась в возрасте 22 месяцев (1-6688-3,88-3,27-500); Горда 2948- продолжительность непродуктивного периода до первого отела составляет 27 месяцев (1-6729-3,76-3,31-495) и другие.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований можно сделать выводы.

1. По признаку скороспелости стадо племенного репродуктора неоднородно. Возраст при первом отеле (непродуктивный период) у 50,6 % коров превышает 30 месяцев.

2. Одним из главных резервов повышения скороспелости животных является максимальное использование в подборках быков-улучшателей, в потомстве которых выявляется много скороспелых дочерей.

#### Литература

1. Новиков, В.М., Проблемные вопросы крупномасштабной селекции бурой швицкой породы крупного рогатого скота/ В.М. Новиков, Д.Н. Кольцов, В.И. Цысь [и др.] // Генетика и разведение животных.- 2016, №1.-С.46-51.

2. Программа селекционно-племенной работы с бурой швицкой породой крупного рогатого скота в Смоленской области на 2013-2022 годы: книга / Д.Н. Кольцов, В. И. [и др.] Смоленск, 2014.-181с.

3. Современный этап и проблемы разведения крупного рогатого скота молочного направления в Смоленской области/ В.И. Листратенкова, [и др.]// Достижения науки и техники АПК.- 2014, № 11.-С.58-61.

4. Цысь, В.И. Продуктивное долголетие коров бурой швицкой породы и возможности его прогнозирования/ В.И. Цысь, Е.Г. Медведева.- Материалы междун. научно-практ. конф.- ВИЖ. Дубровицы.-2012.-С.94-97.

#### References

1. Novikov, V.M., Problemnye voprosy krupnomasshtabnoj selekcii buroj shvickoj porody krupnogo rogatogo skota/ V.M. Novikov, D.N. Kol'cov, V.I. Cys' [i dr.] // Genetika i razvedenie zhivotnyh.- 2016, №1.-S.46-51.

2. Programma selekcionno-plemennoj raboty s buroj shvickoj porodoj krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti na 2013-2022 gody: kniga / D.N. Kol'cov, V. I. [i dr.] Smolensk, 2014.-181s.

3. Sovremennyyj etap i problemy razvedeniya krupnogo rogatogo skota molochnogo napravleniya v Smolenskoj oblasti/ V.I. Listratenkova, [i dr.]// Dostizheniya nauki i tehniki APK.- 2014, № 11.-S.58-61.

4. Cys', V.I. Produktivnoe dolgoletie korov buroj shvickoj porody i vozmozhnosti ego prognozirovaniya/ V.I. Cys', E.G. Medvedeva.- Materialy mezhdun. nauchno-prakt. konf.- VIZh. Dubrovicy.-2012.-S.94-97.

DOI: 10.18454/IRJ.2016.49.032

Смоленцев С.Ю.<sup>1</sup>, Кабанова Т.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Доктор биологических наук, профессор, <sup>2</sup>кандидат биологических наук, доцент,

Марийский государственный университет

**ВЛИЯНИЕ ИММУНОСТИМУЛЯТОРОВ В СОЧЕТАНИИ С МИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКОЙ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА И МОЛОЗИВА КОРОВ****Аннотация**

*В статье представлены результаты исследования химического состава молозива и молока коров при применении иммуностимуляторов «Риботан», «Престимол», «Иммуноферон» и «Лечебно-профилактический иммуноглобулин» в сочетании с минеральной кормовой добавкой «Сувар». Научно-производственный опыт был проведен в ООО «Молочные продукты» Республики Марий Эл на 4 группах стельных коров. В результате эксперимента было установлено, применение иммуностимуляторов в сочетании с препаратом «Сувар» способствует повышению содержания в молозиве и молоке коров иммуноглобулинов, витаминов, цинка, меди, магния и селена, что способствует нормализации обмена веществ как у коров так и получаемого от них приплода.*

**Ключевые слова:** молоко, молозиво, витамины, минеральные элементы, иммуноглобулины.

Smolencev S.Ju.<sup>1</sup>, Kabanova T.V.<sup>2</sup><sup>1</sup>PhD in Biology, professor,<sup>2</sup>PhD in Biology, associate professor,

Mari State University

**INFLUENCE OF IMMUNOSTIMULATORS IN COMBINATION WITH MINERAL ELEMENTS ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF MILK AND COLOSTRUM OF COWS****Abstract**

*The article presents the results of a study of the chemical composition of colostrum and milk of cows in the application of immunostimulants «Ribotan», «Prestimol», «Immunoferon» and «Therapeutic and prophylactic immunoglobulin» in combination with the mineral feed additive «Suvar». Scientific-production experiment was carried out in ООО «Dairy products» of the Republic of Mari El on 4 groups of pregnant cows. The result of the experiment, it was found the use of immunostimulants in conjunction with the drug «Suvar» enhances content in colostrum and milk immunoglobulins cows, vitamins, zinc, copper, magnesium, selenium, normalizing metabolism both in cows and resulting from their offspring.*

**Keywords:** milk, colostrum, contents, vitamins, mineral elements, immunoglobulins.

Большой проблемой современного животноводства является сохранение молодняка в ранний постнатальный период, поскольку новорожденные животные обладают слабой устойчивостью к большинству заболеваний или не имеют её совсем. Это связано с тем, что при рождении у телят отсутствуют в крови иммуноглобулины – основной фактор защиты в постнатальный период [1], а состояние иммунологической неполноценности изменяется только после потребления первых порций молозива, содержащего высокий уровень иммуноглобулинов и иммунокомпетентных клеток [2; 3].

Целью данных исследований явилось изучить влияние иммуностимуляторов в сочетании с минеральной кормовой добавкой «Сувар» на состав молозива и молока коров.

Опыты были проведены в условиях ООО «Молочные продукты» Советского района Республики Марий Эл, где по принципу аналогов были сформированы 4 группы стельных коров. Коровам первой группы внутримышечно ввели препарат «Престимол», в дозе 5 мл на животное, двукратно с интервалом 24 часов. Животным второй группы однократно, внутримышечно ввели препарат «Иммуноферон» в дозе 5 мл. Животным третьей группы вводили внутримышечно препарат «Лечебно-профилактический иммуноглобулин» в дозе 20 мл, двукратно с интервалом 48 часов. Кроме того животные всех трех групп ежедневно в течение 30 дней с кормом получали минеральную кормовую добавку «Сувар». Четвертая группа служила контролем. Содержание иммуноглобулинов в молоке и молозиве определяли на иммунологическом анализаторе «Униплан 200», а уровень минеральных элементов на атомно-адсорбционном спектрофотометре отдела токсикологии Федерального центра токсикологической, радиационной и биологической безопасности.

При анализе химического состава молозива коров было отмечено, что у всех коров опытных групп отмечалось высокое содержание жира, общего белка, иммуноглобулинов, витаминов А и Е, а также цинка, меди и селена. Так в первой группе на 4 день исследований содержание жира было достоверно выше по сравнению с контрольной группой на 35,4% (4,95±0,11%), общего белка – 23,9% (4,4±0,12%), иммуноглобулинов – 123,5% (15,2±0,64 г/л), витамина А – 26,9% (0,48±0,004 мкмоль/л), витамина Е – 44,1% (0,50±0,007 мкмоль/л), цинка – 32% (61,2±0,55 мкмоль/л), меди – 64,1% (3,33±0,002 мкмоль/л) и селена – 50,7% (3,00±0,004 мкмоль/л). Во второй группе данные показатели также были выше по сравнению с контрольной группой соответственно на 35,9% (p<0,05); 52,9% (p<0,05); 37,5% (p<0,001); 40,3% (p<0,05); 74,7% (p<0,01); 84,2% (p<0,001); 55,8% (p<0,001) и 43,8% (p<0,001).

В третьей группе на 4 день уровень жира в молозиве составил 4,81±0,03% (p>0,05), общего белка – 4,0±0,07% (p>0,05), иммуноглобулинов – 16,7±0,43 г/л (p<0,001), витамина А – 0,52±0,002 мкмоль/л (p<0,01), витамина Е – 0,51±0,005 мкмоль/л (p<0,01), цинка – 62,0±0,37 мкмоль/л (p<0,001), меди – 3,27±0,006 мкмоль/л (p<0,001) и селена – 3,06±0,005 мкмоль/л (p<0,001).

Кислотность молозива существенно не изменилось в ходе исследований во всех группах коров, и находилась в пределах нормы.

В контрольной группе концентрация жира, общего белка, иммуноглобулинов, витаминов А и Е, цинка, меди и селена в молозиве находилась на нижней границе физиологической нормы.

Результаты исследования химического состава молока коров представлена в таблице.

Из данных таблицы видно, что на 15 день исследований уровень жира в молоке составил в первой группе 3,60%, во второй - 3,57%, в третьей - 3,55%, а в контроле - 3,41%. На 60-ый день данный показатель был выше по сравнению с контрольной группой в первой группе в 1,03 раза ( $p<0,05$ ), во второй – 1,02 раза ( $p<0,05$ ), а в третьей – 1,04 раза ( $p<0,05$ ).

Концентрация общего белка в молоке также была выше и составила на 60-ый день 2,77%; 2,76% и 2,73%, тогда как в контрольной группе уровень общего белка составил 2,55%.

Уровень лактозы на 15 день исследований составил в первой группе 4,82%, во второй - 4,89%, в третьей - 4,85%. На 30 день уровень молочного сахара в опытных группах был выше по сравнению с контрольной группой. Аналогичная картина отмечалась на 45-ый и 60-ый дни исследований, а в контрольной группе концентрация молочного сахара составила на 60-ый день 4,11%.

Таблица – Химический состав молока коров,  $n=5$

Показатели	Сроки исследования, сутки	Группа опыта			
		Первая	Вторая	Третья	Контрольная
Кислотность, °Т	15	17,4±0,53	17,8±0,73	17,5±0,47	17,6±0,70
	30	17,9±0,71	17,7±0,60	17,3±0,38	17,4±0,46
	45	17,1±0,66	17,4±0,81	17,6±0,59	17,0±0,51
	60	17,3±0,88	17,5±0,37	17,3±0,62	17,5±0,60
Жир, %	15	3,60±0,04 <sup>+</sup>	3,57±0,02 <sup>+</sup>	3,55±0,02 <sup>+</sup>	3,41±0,04
	30	3,57±0,01 <sup>+</sup>	3,60±0,05 <sup>+</sup>	3,52±0,03 <sup>+</sup>	3,39±0,06
	45	3,54±0,04 <sup>+</sup>	3,59±0,03 <sup>+</sup>	3,58±0,07 <sup>+</sup>	3,40±0,02
	60	3,55±0,03 <sup>+</sup>	3,50±0,05	3,56±0,02 <sup>+</sup>	3,42±0,03
Общий белок, %	15	2,75±0,02 <sup>+</sup>	2,76±0,02 <sup>+</sup>	2,74±0,03 <sup>+</sup>	2,52±0,01
	30	2,70±0,04 <sup>+</sup>	2,73±0,03 <sup>+</sup>	2,79±0,05 <sup>+</sup>	2,50±0,02
	45	2,74±0,03 <sup>+</sup>	2,77±0,01 <sup>+</sup>	2,75±0,02 <sup>+</sup>	2,56±0,03
	60	2,77±0,02 <sup>+</sup>	2,76±0,03 <sup>+</sup>	2,73±0,01 <sup>+</sup>	2,55±0,02
Лактоза, %	15	4,82±0,03 <sup>+</sup>	4,89±0,02 <sup>++</sup>	4,85±0,03 <sup>+</sup>	3,95±0,02
	30	4,71±0,02 <sup>+</sup>	4,90±0,03 <sup>++</sup>	4,88±0,02 <sup>+</sup>	3,99±0,03
	45	4,85±0,04 <sup>+</sup>	4,83±0,02 <sup>+</sup>	4,87±0,01 <sup>++</sup>	4,02±0,01
	60	4,90±0,01 <sup>++</sup>	4,87±0,04 <sup>+</sup>	4,83±0,02 <sup>+</sup>	4,11±0,02
Витамин А, мкмоль/л	15	0,33±0,007 <sup>+</sup>	0,36±0,002 <sup>+</sup>	0,35±0,002 <sup>+</sup>	0,24±0,008
	30	0,31±0,004 <sup>+</sup>	0,35±0,003 <sup>+</sup>	0,32±0,004 <sup>+</sup>	0,25±0,002
	45	0,35±0,002 <sup>+</sup>	0,37±0,006 <sup>+</sup>	0,33±0,008 <sup>+</sup>	0,25±0,005
	60	0,34±0,005 <sup>+</sup>	0,37±0,004 <sup>+</sup>	0,36±0,005 <sup>+</sup>	0,26±0,003
Витамин Е, мкмоль/л	15	0,37±0,002 <sup>+</sup>	0,36±0,004 <sup>+</sup>	0,38±0,005 <sup>+</sup>	0,23±0,002
	30	0,38±0,004 <sup>+</sup>	0,39±0,005 <sup>+</sup>	0,35±0,003 <sup>+</sup>	0,20±0,005
	45	0,35±0,005 <sup>+</sup>	0,37±0,006 <sup>+</sup>	0,36±0,006 <sup>+</sup>	0,23±0,004
	60	0,36±0,002 <sup>+</sup>	0,38±0,002 <sup>+</sup>	0,38±0,003 <sup>+</sup>	0,25±0,007
Цинк, мкмоль/л	15	56,1±0,65 <sup>*</sup>	54,0±0,80 <sup>*</sup>	57,1±0,59 <sup>*</sup>	23,4±0,37
	30	57,0±0,89 <sup>*</sup>	57,2±0,51 <sup>*</sup>	55,4±0,79 <sup>*</sup>	25,9±0,50
	45	53,9±0,55 <sup>*</sup>	56,8±0,68 <sup>*</sup>	56,9±0,99 <sup>*</sup>	27,7±0,32
	60	55,5±0,46 <sup>*</sup>	56,2±0,60 <sup>*</sup>	56,0±0,92 <sup>*</sup>	25,0±0,66
Медь, мкмоль/л	15	2,03±0,006 <sup>+</sup>	1,96±0,005 <sup>+</sup>	2,00±0,008 <sup>+</sup>	1,54±0,006
	30	1,99±0,004 <sup>+</sup>	2,05±0,006 <sup>+</sup>	1,95±0,005 <sup>+</sup>	1,56±0,005
	45	2,01±0,009 <sup>+</sup>	1,95±0,003 <sup>+</sup>	1,99±0,004 <sup>+</sup>	1,50±0,004
	60	1,97±0,002 <sup>+</sup>	2,00±0,003 <sup>+</sup>	1,97±0,007 <sup>+</sup>	1,59±0,002
Магний, ммоль/л	15	6,22±0,07 <sup>*</sup>	6,20±0,08 <sup>*</sup>	6,19±0,05 <sup>*</sup>	4,87±0,06
	30	6,11±0,05 <sup>*</sup>	6,18±0,04 <sup>*</sup>	6,26±0,03 <sup>*</sup>	4,90±0,04
	45	6,07±0,06 <sup>*</sup>	6,22±0,07 <sup>*</sup>	6,20±0,09 <sup>*</sup>	4,77±0,06
	60	6,20±0,02 <sup>*</sup>	6,28±0,03 <sup>*</sup>	6,24±0,05 <sup>*</sup>	4,83±0,02
Селен, мкмоль/л	15	2,32±0,003 <sup>*</sup>	2,40±0,002 <sup>*</sup>	2,37±0,004 <sup>*</sup>	1,12±0,002
	30	2,11±0,004 <sup>*</sup>	2,28±0,009 <sup>*</sup>	2,41±0,003 <sup>*</sup>	1,21±0,001
	45	2,29±0,006 <sup>*</sup>	2,38±0,006 <sup>*</sup>	2,38±0,006 <sup>*</sup>	1,17±0,003
	60	2,42±0,001 <sup>*</sup>	2,44±0,005 <sup>*</sup>	2,40±0,002 <sup>*</sup>	1,09±0,004

Примечание: <sup>+</sup> -  $p<0,05$ ; <sup>++</sup> -  $p<0,01$ ; <sup>\*</sup> -  $p<0,001$  уровень значимости критерия достоверности по сравнению с контрольной группой

Содержание витаминов А и Е в молоке первой группы на 60-ый день составили 0,34 мкмоль/л и 0,36 мкмоль/л ( $p<0,05$ ), во второй группе соответственно - 0,37 мкмоль/л и 0,38 мкмоль/л ( $p<0,05$ ), в третьей - 0,36 мкмоль/л и 0,38 мкмоль/л ( $p<0,05$ ), а в контрольной группе 0,26 мкмоль/л и 0,25 мкмоль/л.

Содержание меди в молоке первой, второй и третьей групп к концу исследований было соответственно выше на 19,2%; 25,7% и 23,8% по сравнению с контрольной группой.

Уровень магния в молоке опытных коров достоверно увеличился ( $p<0,001$ ) и составил к 60-му дню в первой группе 6,20 мкмоль/л, во второй - 6,28 мкмоль/л и третьей - 6,24 мкмоль/л.

Аналогичные результаты были отмечены и при анализе содержания селена в молоке опытных животных.

Молочная продуктивность коров опытных групп была выше ( $p<0,05$ ) в первой группе на 15% (17,6 кг), во второй группе 13,1% (17,3 кг), в третьей – 18,3% (18,1 кг) по сравнению с контрольной группой.

Таким образом, приведенные в статье данные свидетельствуют о том, что применение стельным коровам иммуностимуляторов «Риботан», «Престимол», «Иммуноферон» и «Лечебно-профилактического иммуноглобулина» в сочетании с минеральной кормовой добавкой «Сувар» способствует нормализации химического состава молозива и молока коров, улучшению технологических свойств, увеличению молочной продуктивности животных, что, несомненно, найдет применение в соответствующей отрасли животноводства и даст экономический эффект.

#### Литература

1. Волкова С. В. Иммунный статус коров и их потомства // Животноводство России.- 2007.-№ 1.-С.44-45.
2. Волкова С.В., Максимюк Н.Н. Физиологическое состояние родителей и резистентность новорожденных телят // Сельскохозяйственная биология.- 2008.-№ 6.-С.95-100.
3. Гаглова О.В. Значение иммунных факторов в воспроизводстве крупного рогатого скота // Зоотехния.- 2008.-№ 9.-С.21-23.

#### References

1. Volkova S.V. Immunnyj status korov i ih potomstva // Zhivotnovodstvo Rossii.- 2007.-№ 1.-S.44-45.
2. Volkova S.V., Maksimjuk N.N. Fiziologicheskoe sostojanie roditelej i rezistentnost' novorozhdennyh teljat // Sel'skhozjajstvennaja biologija.- 2008.-№ 6.-S.95-100.
3. Gaglova O.V. Znachenie immunnyh faktorov v vosproizvodstve krupnogo rogatogo skota // Zootehnija.- 2008.-№ 9.-S.21-23.