**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МОРСКОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

OIL AND GAS COMPLEX: PROBLEMS AND SOLUTIONS

**TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, GEOLOGICAL STRUCTURE,
SEISMICITY, AEROSPACE MONITORING,
GEODETIC SUPPORT**

MATERIALS

The Third National Scientific and Practical Conference
with International Participation

Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

02–04 December 2020

Yuzhno-Sakhalinsk
2021

НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ,
СЕЙСМИЧНОСТЬ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ,
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

МАТЕРИАЛЫ

**Третьей национальной научно-практической конференции
с международным участием**

**Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
Южно-Сахалинск, Россия**

02–04 декабря 2020 года

**Южно-Сахалинск
2021**

УДК 622:528
ББК 33.3:26.1

Н 583

Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения: материалы Третьей национальной научно-практической конференции с международным участием, Южно-Сахалинск, 02–04 декабря 2020 г. / ред.: А.С. Закупин, В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров; ИМГиГ ДВО РАН. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2021. – 108 с.

ISBN 978-5-6044483-0-4

DOI: 10.30730/978-5-6044483-0-4.2021-1

Сборник включает материалы, представленные на Третью национальную научно-практическую конференцию «Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения». На конференции обсуждались вопросы развития технологий для успешного функционирования нефтегазового комплекса России, их геологического строения, геодезического обеспечения хозяйственной деятельности, специфики космического и наземного мониторинга природных и техногенных процессов. В материалах конференции предлагаются решения в различных предметных областях. Информация, представленная в сборнике, позволит российским и зарубежным ученым и специалистам ознакомиться с последними достижениями технологий и техники для поисков, разведки, разработки нефтегазовых месторождений, методами обработки данных аэрокосмического мониторинга.

Редакторы: канд. физ.-мат. наук А.С. Закупин
д-р техн. наук В.А. Мелкий
канд. техн. наук А.А. Верхотуров

Печатается по решению Ученого совета Института морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения Российской академии наук

© Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 2021
© Коллектив авторов, 2021

На обложке: Морская платформа «Пильтун-Астохская» (ПА-Б), Астохский участок Пильтун-Астохского нефтегазоконденсатного месторождения. Фото В.А. Романюка.

UDC 622:528
BBC 33.3:26.1

Oil-and-gas complex: problems and solutions: materials of the Third national scientific and practical conference with international participation, Yuzhno-Sakhalinsk, December 02–04, 2020 / editors: A.S. Zakupin, V.A. Melkiy, A.A. Verkhoturov; IMGG FEB RAS. – Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG FEB RAS, 2021. – 108 p.

ISBN 978-5-6044483-0-4

DOI: 10.30730/978-5-6044483-0-4.2021-1

The collection includes materials submitted to the Third national scientific and practical conference «Oil and Gas complex: problems and solutions». The conference discussed the development of technologies for the successful operation of Russian oil and gas complex, their geological structure, geodetic support of economic activities, and the specifics of space and ground monitoring of natural and technogenic processes. The conference materials offer solutions in various subject areas. The information presented in collection will allow Russian and foreign scientists and specialists to get acquainted with latest achievements of technologies and equipment for prospecting, exploration, development of oil and gas fields, methods of processing aerospace monitoring data.

Editors: Candidate of Physical and Mathematical Sciences A.S. Zakupin
Doctor of Technical Sciences V.A. Melkiy
Candidate of Technical Sciences A.A. Verkhoturov

Published by the decision of the Academic Council of the Institute of Marine Geology and Geophysics
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

ISBN 978-5-6044483-0-4

© IMGG FEB RAS, 2021
© Authors, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Доржиев Б.Б., Прилукова В.А., Верхотуров А.А.

Золото-кварцевый и золото-медно-порфировый типы оруденения
Ходжарской площади (Хабаровский край) 7

Сахаров В.А., Ильин В.В., Выпрямкин Е.Н., И Кен Хи, Ильин Н.В.

Топольное месторождение минеральных вод: условия формирования,
современное состояние, перспективы использования (Сахалинская область) 12

Прилукова В.А., Доржиев Б.Б., Мелкий В.А., Верхотуров А.А.

Геологическое строение и характер оруденения Центрально-Анаджаканской площади. . . 25

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Карник А.П., Аврунев Е.И., Мелкий В.А., Бакулина А.А.

Проектирование комбинированной GNSS-сети для геодезического обеспечения
строительства мостового перехода «Материк–Сахалин» 31

Аврунев Е.И., Бакулина А.А.

Предложения по составлению деформационного паспорта объекта недвижимости. 38

Аврунев Е.И., Коваленко М.И., Корбе В.Ю.

Проект геодезического обоснования для деформационного мониторинга
острова Сахалин и Курильской островной дуги 44

Латиф Латиф, Братков В.В.

Современное состояние земель Эль-Нуумани (мухафаза Васит, Ирак)
по данным дистанционного зондирования Земли 49

Аврунев Е.И., Гиниятов И.А.

О некоторых важных аспектах выполнения кадастровых работ 59

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Полец А.Ю.

Модель очага Углегорского землетрясения 4 (5) августа 2000 года. 66

Сафонов Д.А.

Поле тектонических напряжений на промежуточных глубинах южного фланга
Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны 69

Купцова О.В.

Анализ современного состояния разломов на Сахалине 75

СОВРЕМЕННЫЙ ВУЛКАНИЗМ: МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Мелкий В.А., Верхотуров А.А.

Использование космических систем мониторинга Земли для наблюдения
за вулканической активностью 79

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОПАСНЫЕ МОРСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Ильин В.В., Сахаров В.А., Ильин Н.В., Выпрядкин Е.Н.

Параметры модели процесса переноса придонных осадков в экосистеме
прибрежно-морской зоны шельфа. 89

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

Никулина И.В., Никонова Е.В.

Проявление скрытых экологических рисков на объектах нефтегазового
сектора острова Сахалин 95

Верхотуров А.А., Мелкий В.А., Лобищева И.И.

Анализ ресурсного потенциала Сахалинской области и перспективы
развития хозяйства 100

Оргкомитет конференции. 106

УДК 553.4

ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫЙ И ЗОЛОТО-МЕДНО-ПОРФИРОВЫЙ ТИПЫ ОРУДЕНЕНИЯ ХОДЖАРСКОЙ ПЛОЩАДИ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Доржиев Бимба Бадмацыренович

*Магистрант кафедры геологии и нефтегазового дела Технического нефтегазового института
Сахалинский государственный университет
693023, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. Тел. +7 (999) 070-28-87, e-mail: dorzhiev_bimba@mail.ru*

Прилукова Венера Александровна

*Магистрант кафедры геологии и нефтегазового дела Технического нефтегазового института
Сахалинский государственный университет
693023, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. Тел. +7 (924) 287-73-07, e-mail: venera.prilukova@mail.ru*

Верхотуров Алексей Александрович

*Кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра коллективного пользования
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. Тел. +7 (914)-760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru*

Аннотация

Истощение запасов месторождений полиметаллических руд и возрастающая мировая потребность в золоте, серебре, меди, вольфраме и других ценных элементах обуславливает необходимость проведения геолого-поисковых работ в труднодоступных и слабоизученных территориях. При этом внимание уделяется даже средним и мелким коренным месторождениям с невысокими концентрациями полезных компонентов. В статье приводится описание геологического строения и особенностей металлогении Ходжарской площади (Хабаровский край). Выполнен анализ результатов геолого-разведочных работ, проведенных в 2019 году. Рассматриваются основные региональные и локальные критерии и факторы выявления месторождения на Ходжарской площади. Выделены зоны распространения золота, серебра и меди. Установлена генетическая и пространственная связь оруденения с позднемеловыми интрузиями.

Ключевые слова: геолого-разведочные работы, Ходжарская площадь, месторождение, золото-кварцевый тип оруденения, золото-медно-порфировый тип оруденения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России растёт уровень добычи золота, серебра, меди и вольфрама, что связано с мировым ростом спроса на эти полезные компоненты. При этом меняется соотношение эксплуатируемых геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых. Так добыча золота и серебра растёт за счёт включения в разработку коренных месторождений, в то время как доля россыпных сокращается.

Горная промышленность сосредотачивает своё внимание на средних и мелких коренных месторождениях. Поэтому в настоящее время возрастают объёмы проведения поисково-разведочных работ с целью изучения рудного потенциала перспективных участков и в целом восполнения минерально-сырьевой базы страны [1, 2]. Основной проблемой при разработке золото-меднопорфировых месторождений являются невысокие концентрации полезных компонентов, но данная проблема компенсируется большими объёмами самих руд.

Для повышения результативности геолого-разведочных работ, рационального освоения полиметаллических месторождений полезных ископаемых необходимо проводить научные исследования по данным типам оруденения.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ И ФАКТОРЫ ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ХОДЖАРСКОЙ ПЛОЩАДИ

Ходжарская перспективная площадь расположена в пределах Пони-Мулинского золоторудного узла Нижнеамурской серебро-молибден-вольфрам-золотой минерагенической зоны, приуроченной к поясу развития тыловодужных гранитоидов Западно-Сихотэ-Алинской складчатой области. Эта минерагеническая зона характеризуется комплексной,

преимущественно золотой и золото-серебряной минерализацией с сопутствующими или образующими обособленные участки проявлениями меди, вольфрама, молибдена. Геолого-поисковые работы предшественников в пределах зоны были ориентированы на золото-кварцевый и золото-серебряный типы оруденения, и лишь в последние годы было обращено внимание на порфировый тип медно-молибденового и медно-порфирового оруденения.

Выделяются основные региональные и локальные критерии и факторы, указывающие на перспективы обнаружения месторождений золота и меди на Ходжарской площади [3, 4]. К таким факторам относятся:

1. Расположение исследуемой площади в пределах Пони-Мулинского золоторудно-россыпного узла.
2. Территориальное нахождение в зоне сочленения с Сихотэ-Алинским вулканогеном в области влияния Нижне-Амурского вулканоплутонического ареала, проявленного здесь образованиями специализированного на золото нижнеамурского интрузивного комплекса, с которым установлена связь рудопроявлений золота и меди на северном фланге узла.
3. Геолого-структурная обстановка близка к таковой на северном фланге узла, где уже установлены перспективные рудопроявления золото-медно-порфирового и золото-кварцевого рудноформационных типов оруденения.
4. Расположение площади в зоне градиента Северо-Сихотэ-Алинского гравитационного минимума.
5. Контрастные положительные магнитные аномалии над массивами габбро-диорит-гранодиоритовой формации, с которой связано золотое оруденение.
6. Площадь расположена в зоне оперяющих структур Центрального Сихотэ-Алинского шва, контролирующих размещение рудоносных структур на смежной с севера площади.
7. Наличие контрастных потоков рассеяния Au, Cu, Mo и Bi.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ХОДЖАРСКОЙ ПЛОЩАДИ

Ходжарская площадь находится в пределах Приамурской подзоны Западно-Сихотэ-Алинской сейсмофокальной зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы и расположена в юго-восточной части листа М-53-ХVIII [3]. Подзона прослеживается в северо-восточном, субмеридиональном направлении от Среднеамурской впадины до Охотоморского побережья. В её пределах развиты сложноскладчатые, преимущественно терригенные образования позднемелового возраста, вулканоплутонические постройки андезит-риолитового состава. Продуктами интрузивного магматизма сложены массивы большей частью гранодиоритового состава позднемелового возраста, с которыми в основном и связывается золоторудная минерализация [3–5].

В металлогеническом отношении Ходжарская площадь находится в пределах Пони-Мулинского рудно-россыпного узла, выделенного в южной части Нижнеамурской металлогенической зоны, где известны месторождения рудного золота Многовершинное, Дяппе, Агние-Афанасьевское и пр., рудопроявления Делькенское, Холанское и другие [3]. Северная часть площади (17 км²) в 2013–2015 гг. была покрыта поисковыми работами масштаба 1:25 000. Здесь выявлены свыше 10 слабоконтрастных геохимических аномалий золота по вторичным ореолам рассеяния и 2 контрастных аномалии, которые приурочены к северному окончанию Ходжарского интрузива.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЁННЫХ РАБОТ НА ХОДЖАРСКОЙ ПЛОЩАДИ

АО «Дальневосточное ПГО» проводились поисково-разведочные работы в границах Ходжарской площади. В комплекс данных работ входили поисковые маршруты, отборы литохимических, штучных, бороздовых проб из поверхностных горных выработок, бурение скважин, электроразведка и магниторазведка. Авторами проводились поисковые маршруты и отбор проб.

Отобранные пробы обрабатывались и анализировались лабораторией. Максимальные концентрации золота, серебра и меди для наглядного представления результатов лабораторных исследований литохимического опробования были перенесены на топографическую основу с разбивкой на профили и магистрали в виде точечных объектов (Рис. 1). Все точки отбора проб с максимальными концентрациями формируют условные зоны.

Рис. 1. Карта-схема точек отбора литохимических проб, в которых наблюдаются максимальные концентрации Au, Ag, Cu.

Fig. 1. Schematic map of the points of lithochemical sampling in which maximum concentrations of Au, Ag, Cu are observed.

Первая условная зона характеризуется максимальными концентрациями меди 0,02–0,1 г/т в литохимических пробах. Также в этой зоне имеются пробы с высокими концентрациями золота и серебра. Вторая условная зона характеризуется максимальными концентрациями серебра от 30 до 200 мкг/т. Третья условная зона характеризуется максимальными концентрациями золота 0,02–0,8 г/т в литохимических пробах. Также на данном участке наблюдается большое количество литохимических проб с концентрациями серебра от 60 до 200 мкг/т.

При наложении данной карты-схемы на карту аномального магнитного поля и на гравиметрическую карту было установлено, что первая и третья условные зоны приурочены к пиковым магнитным и гравиметрическим аномалиям на данной территории, которые наблюдаются на склонах горы Гоко (Рис. 2). Также наблюдается четкая приуроченность литохимических проб с максимальными концентрациями золота и меди к позднемеловым интрузиям гранит-порфиров и габбро-диоритов.

Рис. 2. Комплексирование карты-схемы точек литохимического отбора проб, в которых наблюдаются максимальные концентрации Au, Ag, Cu с: А – картой аномального магнитного поля; Б – гравиметрической картой.

Fig. 2. Integration Schematic map of the points of lithochemical sampling in which maximum concentrations of Au, Ag, Cu are observed with: A – anomalous magnetic field map; B – gravimetric map.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из результатов проведённых работ на Ходжарском перспективном участке было выделено три зоны распространения полезных компонентов (Au, Ag, Cu), а также установлена генетическая и пространственная связь с позднемеловыми интрузиями. Распределение максимальных концентраций полезных компонентов в данных зонах было подтверждено благодаря анализу картам геофизических исследований предшественников.

Все изложенные выше сведения по золотоносности Ходжарской площади свидетельствуют о достаточно больших перспективах выявления здесь промышленно значимых рудных тел различных рудноформационных типов: золото-кварцевого, золото-меднопорфирового, золото-вольфрамового с медью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов А.В., Чибисов А.С., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Минеральные ресурсы Сахалинской области и перспективы их использования / А.В. Романов, А.С. Чибисов, В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров // Горный журнал. – 2017. – №7. – С. 17–24. – DOI: 10.17580/gzh.2017.07.03
2. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Россыпи железосодержащих минералов в Сахалинской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 6–18. – DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53. – Хабаровск, 2006. (Карта полезных ископаемых).
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53. – Хабаровск, 2009. (Объяснительная записка).
5. Интрузивные серии Северного Сихотэ-Алиня и Нижнего Приамурья, их рудоносность и происхождение / Э.П. Изох, В.В. Русс, И. В. Кунаев, Г. И. Наговская. – М.: Наука, 1967. – 384 с.

UDC 553.4

GOLD-QUARTZ AND GOLD-COPPER PORPHYRIC TYPES OF MINERIZATION OF THE KHODZHARSK REGION

Bimba B. Dorzhiev*Master's student**Sakhalin State University Technical Oil and Gas Institute**693023, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 2 Pogranichnaya street. Tel. +7 (999) 070-28-87, e-mail: dorzhiev_bimba@mail.ru***Venera A. Prilukova***Master's student**Sakhalin State University Technical Oil and Gas Institute**693023, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 2 Pogranichnaya street. Tel. +7 (924) 287-73-07, e-mail: venera.prilukova@mail.ru***Alexey A. Verkhoturov***Cand. Sc., Senior researcher**Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch of Russian Academy of Science**693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki st. 1B. Tel. +7 (914)-760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru*

Abstract

Depletion reserves of polymetallic ore deposits and growing global demand for gold, silver, copper, tungsten and other valuable elements makes it necessary to conduct geological prospecting in hard-to-reach and poorly studied territories. At the same time, attention is paid to even medium and small indigenous deposits with low concentrations of useful components. The article provides a description of the geological structure and peculiarities of metallogeny Khodzhariskoy area (Khabarovsk region). Analysis of the results of geological exploration carried out in 2019 was made. Discusses key regional and local factors and criteria of detection deposits on Khodzhariskoy area. Zones of distribution of gold, silver and copper are highlighted. The genetic and spatial relationship of mineralization with late Cretaceous intrusions is established.

Keywords: *exploration activities, Khodzharsk area, deposit of mineral, gold-quartz type of mineralization, gold-copper porphyry type of mineralization.*

REFERENCES

1. Romanov A.V., Chibisov A.S., Melky V.A., Verkhoturov A. A. Mineral resources of the Sakhalin region and prospects for their use // *Gorny Zhurnal*. 2017. No. 7. pp. 17–24. DOI: 10.17580/gzh. 2017.07.03
2. Melky V.A., Verkhoturov A.A. Placer of iron&bearing minerals in the Sakhalin region // *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources*. 2019. Vol. 330. No. 1. pp. 6–18. DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
3. State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Far East series. Sheet M-53 – Khabarovsk. Mineral resources map. 2006.
4. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Far Eastern series. Sheet M-53 – Khabarovsk. Explanatory note. 2009.
5. Intrusive series of the Northern Sikhote-Alin and Lower Amur region, their ore content and origin / E.P. Izokh, V.V. Russ, I.V. Kunaev, G.I. Nagovskaya. Moscow: Nauka, 1967. 384 p.
6. Pavlova N.G. Porphyry copper deposits (distribution patterns and forecasting criteria). M.: Nedra, 1978. 275 p.
7. Popov V.S. Geology and genesis of porphyry copper and molybdenum deposits. Moscow: Nauka, 1977. 203 p.

УДК 553.7

ТОПОЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (САХАЛИНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Сахаров Валерий Александрович

*Заведующий лабораторией инженерных и геотехнологических исследований,
кандидат геолого-минералогических наук*

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
693008, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: sakhsakh@yandex.ru*

Ильин Владимир Вениаминович

Старший преподаватель кафедры строительства

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
693008, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: vladimirilyin7@gmail.com*

Выпряткин Евгений Николаевич

*Ведущий инженер лаборатории инженерных и геотехнологических исследований
Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: e_vipryashken@mail.ru*

И Кен Хи

*Ведущий инженер лаборатории инженерных и геотехнологических исследований
Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: sakhgu@list.ru*

Ильин Николай Владимирович

Студент

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: zieqed@gmail.com*

Аннотация

Актуальность исследований обусловлена существующей возможностью расширения использования ресурсной базы минеральных вод столового и бальнеологического назначения, приближенной к потребителю, оценки свойств минеральных вод на основе изучения опыта их эксплуатации в соответствии с требованиями актуальных руководящих документов. Развитие этого направления позволит нарастить объем и увеличить спектр использования местных природных минеральных вод с минимизацией капитальных затрат на геологоразведочные работы. **Цель исследований:** изучить строение, современное состояние и опыт эксплуатации Топольного месторождения минеральных углекислых вод (Сахалинская область), оценить перспективы расширения спектра использования минеральных вод в свете актуальных регламентирующих документов. **Объекты исследований:** минеральные воды, их свойства и условия земной поверхности и в гидрогеологическом разрезе. **Методы исследований:** изучение фондовых и архивных документов о геологическом строении и гидрогеологических условиях района исследований и участка месторождения. Оценка современного состояния использования минеральных вод. **Результаты исследований.** Дана геолого-гидрогеологическая характеристика месторождения минеральных углекислых вод. Определены свойства вод на различных участках месторождения в соответствии с актуальными руководящими документами. Представлено современное состояние использования минеральных вод. Разработаны рекомендации по эксплуатации месторождения. **Выводы.** Минеральные воды формируются за счет смешения минерализованных глубинных вод и пресных инфильтрационных вод. Топольное месторождение минеральных вод относится к гидроинжекционным, очагового типа, трещинно-жильным, характеризуется весьма сложными гидрогеологическими условиями. Подземные воды циркулируют в зонах открытой трещиноватости тектонического и экзогенного происхождения. Фильтрационные свойства водовмещающих пород низкие. Разрывной тектоникой месторождение разбито на отдельные блоки. Связь подземных вод, циркулирующих в смежных блоках затруднена вплоть до полной изоляции.

Гидрогеологические условия месторождения обуславливают достаточно широкие возможности получения разнообразных типов минеральных вод. Регулируя глубину установки фильтров и дебит скважины в различных блоках, можно добиться получить воду различного химического состава и бальнеологического назначения. Один из типов минеральной воды месторождения используется в качестве эталонного в ГОСТ Р 54316-2011 – Пб группа – тип воды «Сахалинский». Назначение воды – лечебная. Современное разрешенное использование – около 9 м³/сут, что значительно меньше возможного. На сегодняшний день в западном блоке месторождения, без дополнительных затрат на разведочные работы, можно добывать воду столового назначения, тип Глазовский [4]. Центральный и восточный блоки перспективны для разведки вод, аналогичных таким известным брендам как «Бжни» и «Боржом».

Ключевые слова: месторождение минеральных вод инъекционного типа, минеральные углекислые воды, бальнеологические свойства воды, разрывная тектоника.

ВВЕДЕНИЕ

Топольное месторождение минеральных вод расположено в средней части о. Сахалин, в 15 км северо-западнее п. Смирных, в 4 км западнее п. Топольное, в среднем течении реки Побединки, на правом берегу в логе «Минеральный».

История открытия и разведки месторождения

В 1968 году правительство Сахалинской области поставило задачу перед Производственным геологическим объединением (ПГО) «Сахалингеология» по поиску на юге Сахалина минеральных углекислых вод, пригодных для бутылочного разлива.

К этому времени углекислые воды, соответствующие предъявляемым требованиям, были известны в центральной части острова в бассейне реки Волчанки, вблизи пос. Краснопожье в Углегорском районе, и в Смирныховском районе в бассейнах почти всех рек от Южной Хандасы на севере до Леонидовки на юге (Рис. 1).

Первые сведения о наличии углекислых минеральных вод в центральной части острова приведены Феликсом В.П., который при проведении комплексной гидрогеологической съемки м-ба 1:200000 в 1962 году установил их выходы в бассейне реки Ключевой.

Целенаправленные работы по изучению минеральных вод начаты ПГО «Сахалингеология» в 1968 г. Бондаревым А.И. и Ризничем И.И. В верховьях реки Матросовки и по реке Ельной было выявлено несколько очагов разгрузки минеральных углекислых вод. Минерализация воды составила 2,7–4,9 г/дм³, состав гидрокарбонатный натриевый с высоким содержанием бора. Было установлено, что все выходы приурочены к западной части регио-

Рис. 1. Обзорная схема расположения месторождения.

Fig. 1. Overview layout of the field.

нального Тымь-Поронайского разлома, который расположен в зоне развития верхнемеловых отложений. Однако, опоискованный участок оказался довольно удаленным от потребителя (п.г.т. Смирных) и труднодоступным.

Вместе с тем стало понятно, что разлом перспективен для поиска минеральных вод на всем протяжении.

В 1969 году на основании опроса местного населения были установлены выходы минеральных углекислых вод в бассейне реки Побединки (участок максимально приближенный к потребителю). По химическому составу воды оказались близки к очень популярным водам, известным под названием «Боржоми».

На обнаруженном участке силами Сахалинской гидрогеологической экспедиции было разведано месторождение минеральных углекислых вод «Топольное» (в некоторых источниках «Побединское»). Эксплуатационные запасы утверждены Сахалинской территориальной комиссией по запасам полезных ископаемых (ТКЗ) по категориям А+В в количестве 50,5 м³/сут. Перспективы прироста запасов минеральных вод весьма благоприятны. Естественные ресурсы месторождения оцениваются 119,5 м³/сут.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА

В геологическом строении района Топольного месторождения минеральных углекислых вод принимают участие меловые, неогеновые и четвертичные отложения (Рис. 2) [2].

Четвертичные отложения развиты незначительно и представлены элювиально-делювиальными суглинками мощностью 1–3 метра и русловым аллювием р. Побединки.

Рис. 2. Геологический разрез района месторождения.

Fig. 2. Geological section of the Deposit area.

Меловая система

Побединская свита (K₂pb) сложена туффитами, туфами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. В нижней и средней частях разреза свиты преобладают песчаники, выше по разрезу возрастает роль глинистых разностей пород. Кроме того, в целом для свиты ха-

рактально относительно незначительное присутствие вулканогенных образований. Все это указывает на ход седиментации близкий к геосинклинальному типу, а по условиям осадконакопления – на прибрежно-морские с постепенным переходом к более глубоководным. Суммарная толщина пород достигает 1600 м.

Тымовская свита (K_2tm). Сложена конгломератами серыми. Выше залегает пачка аргиллитов и алевролитов с редкими маломощными прослоями мелкозернистых полимиктовых песчаников. Остальная часть разреза представлена аргиллитами. Мощность отложений свиты – до 220 м.

Неогеновая система

Верхнедуйская свита (N_1vd). Разрез представлен в основном алевролитами с прослоями кислых туфов и единичных прослоев угля. Мощность отложений свиты – до 160 м.

Согласно схеме тектонического районирования острова Сахалин, исследуемый район расположен на стыке двух крупных структур: Западно-Сахалинского антиклинория и Центрально-Сахалинского синклинория, в их средней части. Границей этих двух структур является Тымь-Поронайский региональный разлом, в зоне которого находится район исследований и расположено месторождение.

В гидрогеологическом отношении разлом является границей между Западно-Сахалинским гидрогеологическим массивом и Поронайским межгорным артезианским бассейном [3].

В гидрогеологическом массиве распространены трещинные и трещинно-жильные воды. В приповерхностной зоне циркулируют инфильтрационные пресные воды, уровни которых находятся на глубинах, близких к поверхности земли, в эрозионных врезках и опускаются на 60–70 метров на склонах и водоразделах. Минерализация пресных вод не превышает 0,3 г/дм³. Фильтрационные свойства водовмещающих пород низкие. Водопроницаемость пород зоны выветривания не превышает 10 м²/сут, в зонах дробления разломов – от первых десятков квадратных метров в сутки.

Минерализованные воды приурочены к зонам тектонических разломов и имеют глубинное происхождение. Обогащение подземных вод углекислым газом обусловлено наличием на глубине крупных интрузивных тел. Поднимаясь по зонам разрывных нарушений, минерализованные воды смешиваются с пресными инфильтрационными водами. Минерализация снижается. Максимальная минерализация в районе отмечена на уровне 6 г/дм³.

По стратиграфической принадлежности, литолого-петрографическому составу водовмещающих пород в районе выделяют три водоносных комплекса:

- водоносный комплекс среднемиоценовых отложений верхнедуйской свиты (N_1vd);
- водоносный комплекс туронских отложений тымовской свиты (K_2tm);
- водоносный комплекс сеноман-туронских отложений побединской свиты (K_2pb).

Водоносный комплекс среднемиоценовых отложений верхнедуйской свиты (N_1vd) распространен полосой 0,6–0,75 км вдоль восточной границы района. Воды заключены в слаболифитизированных алевролитах с маломощными прослоями кислых туфов и единичными прослоями угля. Общая толщина комплекса в районе составляет 150–160 м. Толщина зоны выветривания составляет от 30–50 на водоразделах до 100–150 метров в речных долинах. Фильтрационные свойства водовмещающих отложений комплекса низкие вследствие преимущественно волосистой трещиноватости глинистых отложений. Питание осуществляется за счет атмосферных осадков. Скрытая разгрузка происходит в реки и ручьи. Воды комплекса ультрапресные с минерализацией 0,05–0,19 г/дм³, по составу гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Запасы и ресурсы трещинных вод комплекса невелики из-за ограниченной естественной емкости пород.

Водоносный комплекс туронских отложений тымовской свиты (K_2tm) распространен вдоль западной границы района полосой шириной 0,2–0,5 км. Водовмещающие породы представлены в основном аргиллитами. Мощность комплекса в пределах района 200–220 м. Подземные воды циркулируют в зоне экзогенной трещиноватости и открытых трещинах тектонического генезиса. Мощность зоны экзогенной трещиноватости составляет от нескольких метров на водоразделах до 50–100 м в речных долинах. Воды комплек-

са безнапорные, питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка происходит в поверхностные водотоки. Воды ультрапресные с минерализацией 0,07–0,13 г/дм³. По химическому составу гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые и натриево-кальциевые. Запасы комплекса ограничены.

Водоносный комплекс сеноман-туронских отложений побединской свиты (K₂pb) распространен в центральной, наиболее возвышенной, части района, где является первым от поверхности. Водовмещающие породы – крепкие и массивные туффиты, песчаники, алевролиты и аргиллиты. Общая мощность пород комплекса в пределах района составляет 1600 м. Водоносный комплекс содержит как пресные, так и минеральные трещинные и трещинно-жильные воды. Пресные подземные воды имеют повсеместное распространение. Трещинные воды приурочены к зоне выветривания мощностью от нескольких метров на водоразделах до 150 м в речных долинах. Трещинно-жильные приурочены к зонам дробления отдельных разрывных нарушений. Благодаря сильной расчлененности рельефа происходит интенсивная разгрузка пресных вод посредством родникового стока. Характерна неоднородность фильтрационных свойств пород по площади и в разрезе. Питание пресных подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка – в многочисленные поверхностные водотоки посредством родникового и подземного стока.

Пресные подземные воды распространены до глубины 200 м (установлено по скважинам в долине лога Минерального). Воды с минерализацией до 0,2 г/дм³ характеризуются гидрокарбонатным кальциевым составом. Воды с минерализацией 0,3–1,0 г/дм³ имеют гидрокарбонатный магниевый-кальциевый или натриево-магниевый-кальциевый состав.

Основными водоподводящими нарушениями являются, очевидно, зоны дробления Тымь-Поронайского разлома, как нарушения первого порядка наиболее глубокого заложения. Эти зоны дробления являются коллекторами, как для проникновения инфильтрационных вод на значительные глубины, так и путями поступления минеральных вод с глубины, где закладываются особенности их химического состава. Минеральные воды разгружаются в близповерхностной зоне сплошного распространения пресных трещинных и трещинно-жильных вод, составляя с ними единую гидравлическую систему.

В районе месторождения зафиксировано 12 восходящих, газифицируемых углекислотой источников минеральных вод. Источники минеральных вод располагаются в эрозионных понижениях рельефа (днища долин рек и ручьев). В тектоническом отношении выходы минеральных источников обычно приурочены к узлам пересечения разломов первого и второго порядка с поперечными структурами более низкого порядка.

Водообильность водовмещающих пород низкая, дебиты скважин изменяются от 0,05 до 0,74 л/с, удельные дебиты в большинстве случаев менее 0,1 л/с*м.

Воды с минерализацией 4–5,5 г/дм³ имеют гидрокарбонатный натриевый состав. Минеральные воды холодные, слабо или среднеуглекислые, слабокислые.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение «Топольное» составляют верхнемеловые отложения побединской свиты, моноклинально погружающиеся на юго-запад под углами 25–50°. Водопроводящими являются зоны дробления опояривающих Тымь-Поронайский разлом дизъюнктивных нарушений, характеризующихся рассланцеванием, милонитизацией и гидротермальным изменением пород. Месторождение гидроинжекционного типа [1], сформировано в результате внедрения глубинных минерализованных вод в пресные приповерхностные воды по разрывным нарушениям и образовавших небольшие купола минеральных вод различных типов.

Тектоническое строение обуславливает слабую взаимосвязь подземных вод на различных участках. В связи с этим на месторождении условно выделяются западный, центральный и восточный блоки (Рис. 3).

Рис. 3. Схема месторождения «Топольное».

Fig. 3. Scheme of the field "Topolnoye".

Геологическое строение месторождения определяет развитие пресных безнапорных и слабонапорных трещинных вод преимущественно в зонах тектонических нарушений, в которые внедряются восходящие потоки минеральных углекислых борных трещинно-жильных вод, смешивающихся с пресными водами в зоне разгрузки, обуславливая тем самым гидрохимические условия месторождения.

До изученной глубины – 200–300 метров – водовмещающими породами являются трещиноватые песчаники, алевролиты и аргиллиты, туфопесчаники, туффиты и туфы. Породы обладают трещинной проницаемостью, более проницаемы интервалы в зонах тектонического дробления, но большинство трещин «залечены» продуктами гидротермальной деятельности, в основном карбонатами.

Эффективная трещиноватость пород характеризуется резкой анизотропией и глубже 20 метров имеет выраженное спорадическое развитие.

Залегание уровней подземных вод от поверхности земли в основном зависит от гипсометрического положения поверхности земли и в меньшей степени от удаления от водотоков. На пониженных участках рельефа уровень близок к поверхности земли и находится в пределах 0–1,5 м. К водоразделам он понижается и может достигать 70 м. По абсолютным отметкам наблюдается общее снижение уровней с запада на восток. Уровни пресных вод гидростатически выше, чем уровни минерализованных вод, что подтверждается глубинным гидрохимическим опробованием.

В зонах тектонической трещиноватости в интервале глубин от 10 до 200 метров дебиты скважин изменялись от 0,03 до 0,6 л/с при понижениях уровня от 1,33 до 11,09 м. Удельные дебиты – 0,004–0,46 л/с*м. Водопроницаемость зависит от степени трещино-

ватости и составляет $0,4\text{--}17\text{ м}^2/\text{сут}$. Питание происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка – в поверхностные водотоки. Воды пресные, по химическому составу однотипные – гидрокарбонатные натриево-кальциевые с минерализацией до $0,2\text{ г}/\text{дм}^3$.

Минеральные воды на Топольном месторождении в естественных выходах встречаются только в нижней части лога Минерального (ист. 1, 2) (Рис. 4). На поверхности зона минеральных вод оконтуривается полосой шириной до 130 м и на расстояние до 450 метров за запад от р. Побединки вдоль лога Минерального. Основным путем поступления минеральных вод являются трещинные зоны разрывных нарушений в водоносном комплексе побединской свиты. Эффективная трещиноватость как в разрезе, так и в плане, развита весьма неравномерно. Отдельные интервалы с повышенной проницаемостью расположены, в основном, на глубинах до 100 м. Трещиноватость, в целом, очень слабая, что подтверждается весьма небольшими притоками минеральных вод в скважины. Коллекторами подземных вод являются в основном трещины тектонического происхождения, что обуславливает развитие трещинно-жильных вод. Однако, при образовании купола растекания, минерализованные воды внедряются в породы с экзогенной трещиноватостью, и на отдельных участках минеральные воды могут принимать трещинно-пластовый характер распространения. Уровни минерализованных вод обычно ниже уровней пресных вод, и только в нижней части лога Минерального наблюдается превышение уровней минерализованных вод над уровнями пресных вод, вероятно, из-за наличия экранирующего разлома субмеридионального простирания. Емкостные и фильтрационные свойства водовмещающих пород низкие. Дебиты скважин, вскрывших минеральные воды, составили $0,08\text{--}0,74\text{ л/с}$ при понижении уровня от 0,35 до 17,8 м. Удельные дебиты – $0,02\text{--}0,14\text{ л/с}\cdot\text{м}$, водопроницаемость – $0,4\text{--}5\text{ м}^2/\text{сут}$.

Рис. 4. Гидрогеохимический разрез Топольного месторождения (Завадский И. Г., по материалам Чебан В.Я., 1972).

Fig. 4. Hydrogeochemical section of the field "Topolnoye" (Zavadsky I.G., by materials of Cheban V.Y., 1972).

На месторождении и прилегающей территории развито несколько разновозрастных водоподводящих систем разломов, разделенных практически водонепроницаемыми зонами. По-видимому, по разным разломам минерализованные воды поступают с различных глубин и из разных очагов, что обуславливает формирование на месторождении трех типов минеральных вод, отличных или по минерализации, или по химическому и газовому составу. В гидрохимическом разрезе вдоль тальвега лога Минерального с запада на восток происходит увеличение минерализации от 2 до 5 г/дм³ и смена типа вод: гидрокарбонатных кальциевых через гидрокарбонатные кальциево-натриевые на гидрокарбонатные натриевые. В том же направлении происходит увеличение концентрации бора от 1–5 до 100 мг/дм³ и более (Рис. 4). В центральном и западном блоках в подземных водах в различных количествах присутствует растворенная и свободная углекислота. Количество растворенной углекислоты достигает 900 мг/дм³, свободной – 2,0 г/дм³.

В западном блоке месторождения распространены гидрокарбонатные кальциевые воды. Минерализация воды изменяется в пределах 0,2–2,0 г/дм³.

Типичная формула химического состава:

Концентрация специфических компонентов ниже кондиционных. На момент исследований вода была признана как не представляющая интереса. В актуальной версии (ГОСТ Р 54316-2011 [4]) по составу вода близка к IV группе – гидрокарбонатная магниевое-кальциевая (кальциево-магниевая), тип – Глазовский, назначение – столовая. В настоящее время бутилированная вода Глазовского месторождения в Приморском крае пользуется широкой популярностью, выпускается под брендом «Монастырская».

В восточной части восточного блока месторождения распространены гидрокарбонатные натриевые минеральные воды. Вскрыты скважинами 22 и 627, глубина изучения 150–300 метров. Минерализация вод изменяется от 2,0 до 3,5 г/дм³ они содержат большое количество бора: по скв. 22 – 48,1–74,6 мг/дм³; по скв. 627 – 80,3–109,0 мг/дм³. По величине pH воды нейтральные. Газовый состав – азотно-метановый.

Типичная формула химического состава:

Скважина 22

Скважина 627

Химический состав гидрокарбонатных натриевых вод формируется исключительно в результате катионного обмена с водовмещающими породами. В бальнеологическом отношении применяться не может из-за высокого содержания бора.

Гидрокарбонатные кальциево-натриевые воды развиты в центральном блоке и западной части восточного блока. Воды вскрыты скважинами 6а, 509, 508, 631, 633, 634, 628, 629, 27, 26, 13а, 1а, 11а. Глубина изучения – до 190 метров, в среднем 100 метров.

Минерализация воды в интервале глубин 10–100 метров находится в пределах 2–4,5 г/дм³. Глубже в естественных условиях по всей протяженности участка распространены воды с минерализацией более 4,5 г/дм³. Значительные колебания минерализации в различных скважинах в большой степени обусловлены их конструкциями и дебитами, определяющими разные пропорции поступления в ствол скважины пресных поверхностных и солёных глубинных вод. Таким образом, получение воды определённого и посто-

янного химического состава можно добиться регулировкой дебита эксплуатационной скважины.

Вода Топольного месторождения использована в ГОСТ Р 54316-2011 [4] в качестве эталонной для Пб группы (Гидрокарбонатная кальциево-натриевая (натриево-кальциевая), борная), тип воды «Сахалинский».

Формула химического состава:

$$M_{2,0-5,0} \frac{HCO_3 \geq 90}{(Na + K)50 - 70 Ca 20 - 40} pH 5,5 - 6,4$$

Содержание H_3BO_3 – 130–230 мг/дм³, CO_2 – 800–2000 мг/дм³. Назначение воды – лечебная. По концентрации уголекислоты – относится к группе уголекислых. Медицинские показатели по применению – *В.1, В.2.1, В.2.2, В.3-В.8.

Концентрация нормируемых элементов находится в допустимых рамках. В бактериологическом отношении воды благополучны.

В нарушенных условиях (принудительная откачка из скважины) качественный состав подземных вод изменяется. Так как гидрогеохимический облик подземных вод формируется в результате смешения минерализованных и пресных вод, минерализация, химический и газовый состав зависит от пропорций смешения, что наблюдалось в процессе опытно-фильтрационных работ.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Гидрокарбонат-содержащие воды формируются в терригенных породах, при преобладании инфильтрационного режима в условиях уголекислого выщелачивания [10, 12, 13]. Катионный состав вод вне зоны активного водообмена натриевый. Миграция натрия из водовмещающих пород в подземные воды осуществляется за счет уголекислотного выщелачивания полевого шпата. Об этом свидетельствует высокая полевошпатовость пород, присутствие в водах алюминия и кремнезема. Из-за высокой карбонатности вулканогенно-осадочных пород побединской свиты, часть кальция подземных вод обменивается на натрий поглощенного комплекса глинистых пород, что, в свою очередь, способствует накоплению в воде гидрокарбонат-иона, эквивалентному натрию [14, 17, 18, 19].

Относительно повышенное содержание бора в подземных водах, в целом, соответствует современным представлениям [5, 6, 7, 15]. Очевидно, что генезис бора в минеральных водах Топольного месторождения имеет термометаморфический характер. Первоначально внесенный вулканическими процессами в песчано-глинистые породы, бор, при достаточно высокой температуре, сопровождаемой выделением термометаморфической уголекислоты, оказался частично выщелоченным из пород [8, 9, 11, 16].

Проявление борной минерализации наблюдается во всех разностях верхнемеловых пород побединской свиты. Отмечается относительное увеличение содержания бора в глинистых и вулканогенных породах. Установлено повышение содержания бора по мере обогащения пород растительным детритом, в меньшей мере – в зависимости от степени карбонатизации.

При минерализации в пределах 2,0–5,0 г/дм³ между соленостью воды и содержанием бора установлена тесная связь – коэффициент парной корреляции для воды из скв. ба составляет 0,8, для скв. 27 – 0,96.

Современное состояние

Месторождение эксплуатируется с 1977 года. Минеральная вода выпускается в бутылках под брендом «Сахалинская». До девяностых годов XX века вода пользовалась очень большой популярностью у жителей Сахалина и производилась в больших количествах. В настоящее время объем производства весьма незначителен. В течение всего времени эксплуатируется одна скважина № ба-бис. Владелец лицензии – ТОО «Тунец и Ко» ЛТД, завод минеральных вод. Нормативно-расчетный водоотбор составляет 3250 м³/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Топольное месторождение минеральных вод относится к гидроинжекционным [1], очагового типа, трещинно-жильным, характеризуется весьма сложными гидрогеологическими условиями. Подземные воды циркулируют в зонах открытой трещиноватости тектонического и экзогенного генезиса. Фильтрационные свойства водовмещающих пород низкие. Месторождение разбито разрывной тектоникой на отдельные блоки. Связь подземных вод, циркулирующих в смежных блоках, затруднена вплоть до полной изоляции. Тип подземных вод на изученную глубину с запада на восток изменяется от гидрокарбонатных кальциевых через гидрокарбонатные кальциево-натриевые на гидрокарбонатные натриевые, в том же направлении увеличивается минерализация воды. На этом основании месторождение разбито на три блока, граница между блоками – условная.

Минеральные воды формируются за счет смешения минерализованных глубинных вод и пресных инфильтрационных вод.

Запасы минеральных вод разведаны и утверждены ТКЗ только для центрального блока в количестве 50,5 м³/сут.

Вода гидрокарбонатная кальциево-натриевая (натриево-кальциевая), борная. По концентрации уголекислоты относится к группе уголекислых. Использована в качестве эталонной в ГОСТ Р 54316-2011–Пб группа – тип воды «Сахалинский». Назначение воды – лечебная.

Современное разрешенное использование – около 9 м³/сут, что значительно меньше возможного.

Гидрогеологические условия месторождения, а именно, смешение соленых глубинных вод и пресных поверхностных вод и блоковое строение месторождения, а также достаточно детальная его изученность, определяют достаточно широкие возможности получения разнообразных типов минеральных вод. Регулируя глубину установки фильтров и дебит скважины в различных блоках можно добиться добычи воды требуемого химического состава (от лечебного до столового назначения).

На сегодняшний день в западном блоке, без дополнительных затрат на разведочные работы, можно добывать воду столового назначения, тип Глазовский [4]. Центральный и восточный блоки перспективны для разведки вод, аналогичных таким известным брендам как «Бжни» и «Боржом», о чем упоминали еще специалисты, проводившие разведку месторождения.

*ГОСТ Р 54316-2011. Приложение В

Перечень медицинских показаний по применению (внутреннему) минеральных вод (выписка).

V.1 Болезни пищевода (эзофагит, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь).

V.2 Хронический гастрит

V.2.1 с нормальной секреторной функцией желудка;

V.2.2 с повышенной секреторной функцией желудка;

V.3 Язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки.

V.4 Болезни кишечника (синдром раздраженного кишечника, дискинезия кишечника).

V.5 Болезни печени, желудочного пузыря и желчевыводящих путей.

V.6 Болезни поджелудочной железы (хронический панкреатит).

V.7 Нарушение органов пищеварения после оперативных вмешательств по поводу язвенной болезни желудка, постхолецистэктомические синдромы.

V.8 Болезни обмена веществ (сахарный диабет, ожирение, нарушение солевого и липидного обмена).

Благодарности. *Использованы материалы Сахалинской гидрогеологической экспедиции. В работе участвовали Алексеенков Ю.Т., Антогина Т.М., Бондарев А.И., Васильева Л.Н., Воробьев П.И., Выборнова Г.Н., Гришечкин Б.А., Губиева А.Н., Завадский И.Г.,*

Кононов Л.К., Кабанов В.А., Логутенко С.В., Луцишина Е.А., Мащенко Т.И., Перекрасов Г.И., Тинякова Т.Ф., Точилин Н.Э., Трубин Ю.М., Тюрина М.В., Чебан В.Я., Чепкасов Б.И. Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ: 5.9560.2017/8.9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанян Г.С., Яроцкий Л.А., Поиски, разведка и оценка эксплуатационных запасов месторождений минеральных вод. – М.: Недра, 1972. – 127 с.
2. Геология СССР. Том XXXIII. Остров Сахалин. – М.: Недра, 1970. – 431 с.
3. Гидрогеология СССР. Том XXIV. Остров Сахалин. – М.: Недра, 1972. – 344 с.
4. ГОСТ Р 54316-2011 Воды минеральные природные питьевые. – М., 2011.
5. Закутин В.П., Вавичкин А.Ю. Основные особенности геохимии бора в пресных подземных водах // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2010. – № 1. – С. 30–39.
6. Закутин В.П., Палкин С.С. Борсодержащие пресные подземные воды (закономерности регионального распространения и формирования) // Четвертый международный конгресс «Вода: экология и технология». Экватэк-2000. 30 мая – 2 июня 2000: Тезисы докладов. – М. – С. 235.
7. Крайнов С.Р. Гидрогеохимический метод поисков месторождений бора (Методическое руководство). – М.: Недра, 1964. – 210 с.
8. Нарангэрэл З., Сурмаажав Д.В. Месторождение углекислых холодных минеральных вод «Аварга» Монголии // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) / Отв. ред.: Д.А. Новиков, С.В. Алексеев, А.Ф. Сухорукова. – 2018. – С. 323–326.
9. Нурғалиева А.И., Чепкий Ю.М. Особенности формирования углекислых минеральных вод Малкинского месторождения полуострова Камчатка // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина. – 2017. – С. 560–561.
10. Посохов Е.В., Толстухин Н.И. Минеральные воды: лечебные, промышленные, энергетические. – Л.: Недра, 1977. – 240 с.
11. Генезис и эволюция углекислых минеральных вод месторождения Мухен (Дальний Восток) / С.Л. Шварцев, Н.А. Харитоновна, О.Е. Лепокурова, Г.А. Челноков // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58, № 1. – С. 48–59.
12. Afonso M.J., Lopes M. E., Chaminé H. I. Hydrogeochemical Assessment of Tibães Waters (NW Portugal) // Procedia Earth and Planetary Science. – 2017. – Vol. 17. – P. 790–793.
13. Barut I.F., Erdogan N., Basak E. Hydrogeochemical evaluation western Anatolian mineral waters // Environmental Geology. – 2004. – Vol. 45, № 4. – P. 494–503.
14. Hydrogeochemical Features of Some Mineral Waters at the Contact between Harghita Mts. (Eastern Carpathians) and the Transylvanian Basin / Kis B.-M., Czellez B., Baci C., Kékedy-Nagy L. // Journal of Hydrology. – 2018. – Vol. 559. – P. 942–953.
15. Formation of chemical composition of injection-type mineral water deposits as exemplified by chapaevskoye field in Korsakov district of Sakhalin region / V.A. Sakharov, O.A. Morozova, E.N. Vypryzhkin, I Ken Khi, H.S. Poliak // Periódico Tchê Química. – 2019. – Vol. 16, Número 31. – P. 457–471.
16. Carbon isotopes and geochemical processes in CO₂-rich coldmineral water, N-Portugal / P.M. Carreira, D. Nunes, J.M. Marques, M.R. Carvalho, M.A. Silva // Environmental Earth Sciences. – 2014. – Vol. 71, № 6. – P. 2941–2953.
17. Haklıdır F.T. Hydrogeochemical evaluation of thermal, mineral and cold waters between Bursa city and Mount Uludağ in the South Marmara region of Turkey // Geothermics. – 2013. – Vol. 48. – P. 132–145.
18. Linking serpentinization, hyperalkaline mineral waters and abiotic methane production in continental peridotites: an integrated hydrogeological-bio-geochemical model from the Cabeço de Vide CH₄-rich aquifer (Portugal) / J.M. Marques, G. Etiope, M.O. Neves, P.M. Carreira, S. Suzuki // Applied Geochemistry. – 2018. – Vol. 96. – P. 287–301.
19. Zhang Q., Liang X., Xiao C. The Hydrogeochemical Characteristic of Mineral Water Associated with Water-rock Interaction in Jingyu County, China // Procedia Earth and Planetary Science. – 2017. – Vol. 17. – P. 726–729.

UDC 553.7

TOPOLOGICAL DEPOSIT OF MINERAL WATERS. FORMATION CONDITIONS, CURRENT STATE, PROSPECTS FOR USE (SAKHALIN REGION)

Valeriy A. Sakharov

*Head of the Laboratory of engineering and geotechnological research
Technical Oil and Gas Institute of Sakhalin State University,
2 Pogradichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia. E-mail: sakhsakh@yandex.ru*

Vladimir V. Ilin

*Technical Oil and Gas Institute of Sakhalin State University
2, Pogradichnaya st., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia. E-mail: vladimirilyin7@gmail.com*

Evgeny N. Vypryazhkin

*Leading engineer of the Laboratory of engineering and geotechnological research
Technical Oil and Gas Institute of Sakhalin State University
2 Pogradichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia. E-mail: e_vipryazhken@mail.ru*

I Ken Khi

*Leading engineer of the Laboratory of engineering and geotechnological research
Technical Oil and Gas Institute of Sakhalin State University
2 Pogradichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia. E-mail: Sakhgu@list.ru.*

Nikolay V. Ilyin

*Student, Technical Oil and Gas Institute of Sakhalin State University
2 Pogradichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693008, Russia. E-mail: zieqed@gmail.com*

Abstract

Relevance of research: due to the existing possibility of expanding the use of the resource base of mineral water for table and balneological purposes, close to the consumer, assessing the properties of mineral waters based on studying their operating experience and in accordance with the requirements of current guidance documents. The development of this direction will allow to increase the volume and range of use of local natural mineral waters with minimization of capital expenditures on geological exploration. **The purpose of the research:** to study the structure, current status and operating experience of the Topol mineral carbon dioxide field (Sakhalin Region), to assess the prospects for expanding the range of mineral water use in the light of current regulatory documents. **Objects of research:** mineral waters, their properties and conditions of distribution on the earth's surface and in hydrogeological section. **Research methods:** the study of stock and archival documents on the geological structure and hydrogeological conditions of the study area and the field site. Assessment of the current state of mineral water use. **Research results.** The geological and hydrogeological characteristics of a mineral carbonate water deposit are given. The properties of the waters in different parts of the field are determined in accordance with the current governing documents. The current state of mineral water use is presented. Developed recommendations for the operation of the field. **Findings.** Mineral waters are formed due to the mixing of saline deep waters and fresh infiltration waters. The top mineral water field belongs to hydro-injection, focal type, fractured vein, characterized by very complex hydrogeological conditions. Groundwaters circulate in areas of open fracturing of tectonic and exogenous genesis. Filtration properties of water-bearing rocks are low. Explosive tectonics of the field is divided into separate blocks. Communication groundwater circulating in adjacent blocks is difficult until the complete isolation. Hydrogeological conditions of the field determine sufficiently wide possibilities for obtaining various types of mineral waters. By adjusting the installation depth of the filters and the flow rate of the well in various blocks, it is possible to obtain water of different chemical composition and balneological purposes. One of the types of mineral water deposits is used as a reference in GOST R 54316-2011 – Group IIb – Sakhalin water type. Appointment of water – healing. The current permitted use is about 9 m³/day, much less than possible. Today, in the western block of the field, without additional costs for exploration, it is possible to extract table water, Glazovsky type [4]. The central and eastern blocks are promising for the exploration of waters similar to such well-known brands like “Bjni” and “Borjomi”.

Acknowledgements. The authors appreciate the specialists of the Sakhalin hydrogeological company which data and reports were applied in the article. Participated in the work:

Alekseenkov Y.T., Antogina M.M., Bondarev A.I., Vasilyeva L.N., Vorobev P.I., Vybornova G.N., Grishechkin B.A., Gubieva A.N., Zavadsky I.G., Kononov L.K., Kabanov V.A., Logutenko S.V., Lutsishina E.A., Mashchenko T.I., Perekrasov G.I., Tinyakova T.F., Tochilin N.E., Trubin Y.M., Tyurina M.V., Cheban V.Y., Chepkasov B.I. The results were obtained as part of the fulfillment of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation: 5.9560.2017 / 8.9.

Key words: *injection type mineral water field, mineral carbonated water; balneological properties of water; discontinuous tectonics.*

REFERENCES

1. Vartanyan G.S., Yarotskiy L.A. Poiski, razvedka i otsenka ekspluatatsionnykh zapasov mestorozhdeniy mineralnykh vod [Searches, exploration and evaluation of operational reserves of mineral water deposits]. M.: Nedra, 1972. P. 127. In Rus.
2. Geologiya SSSR. Tom 33. Ostrov Sakhalin [Geology of the USSR. Volume 33. Sakhalin Island]. M.: Nedra, 1970. P. 431. In Rus.
3. Gidrogeologiya SSSR. Tom XXIV. Ostrov Sakhalin [Hydrogeology of the USSR. Volume XXIV. Sakhalin island]. M.: Nedra, 1972. 344 c. In Rus.
4. GOST R 54316-2011 Vodymineralnyyeprirodnnyepityevyye [Natural mineral drinking water]. M., 2011. In Rus.
5. Zakutin V.P., Vavichkin A.Y. Osnovnyye osobennosti geokhimii bora v presnykh podzemnykh vodakh [The main features of the geochemistry of boron in fresh groundwater] // Geokologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2010. № 1. pp. 30–39. In Rus.
6. Zakutin V.P., Palkin S.S. Borsoderzhashchiye presnyye podzemnyye vody (zakonomernosti regionalnogo rasprostraneniya i formirovaniya) [Boron-containing fresh groundwater (patterns of regional distribution and formation)] // Chetvertymezhdunarodnyy kongress «Voda: ekologiya i tekhnologiya». Ekvatek-2000. 30 Maya – 2 Iyunya 2000: Tezisy dokladov. M. P. 235. In Rus.
7. Kraynov S.R. Gidrogeokhimicheskiy metod poiskov mestorozhdeniy bora (Metodicheskoye rukovodstvo) [Hydrogeochemical method for prospecting for boron deposits (Methodological manual)]. M.: Nedra, 1964. P. 210. In Rus.
8. Narangerel Z., Surmaazhav D.V. Mestorozhdeniye uglekislykh kholodnykh mineralnykh vod “Avarga” Mongolii [Deposit of carbonate cold mineral waters “Avarga” of Mongolia] // Podzemnyye vody vostoka Rossii. Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XXII Soveshchaniye po podzemnym vodam Sibiri i Dalnego Vostoka s mezhdunarodnym uchastiyem) / Ott. red.: D.A. Novikov. S.V. Alekseyev. A.F. Sukhorukova. pp. 323–326. In Rus.
9. Nurgaliyeva A.I., Chepkiy Yu.M. Osobennosti formirovaniya uglekislykh mineralnykh vod Malkinskogo mestorozhdeniya poluostrova Kamchatka [features of the formation of carbonic mineral waters of the Malkinsky field of the Kamchatka Peninsula] // Problemy geologii i osvoyeniya neдр. Trudy XXI Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 130-letiyu so dnya rozhdeniya professora M.I. Kuchina. 2017. pp. 560–561. In Rus.
10. Posokhov E.V., Tolstikhin N. I. Mineralnyye vody: lechebnyye, promyshlennyye, energeticheskiye [Mineral water: medicinal, industrial, energetic]. Leningrad: Nedra, 1977. 240 p. In Rus.
11. Shvartsev S.L., Kharitonova N.A., Lepokurova O.E., Chelnokov G.A. Genezis i evolyutsiya uglekislykh mineralnykh vod mestorozhdeniya Mukhen (Dalniy Vostok) [Genesis and evolution of carbonic mineral waters of the Mukhen deposit (Far East)] // Geologiya i geofizika. 2017. Vol. 58, № 1. pp. 48–59. In Rus.
12. Afonso M.J., Lopes M.E., Chaminé H.I. Hydrogeochemical Assessment of Tibães Waters (NW Portugal) // Procedia Earth and Planetary Science. 2017. Vol. 17. pp. 790–793.
13. Barut I.F., Erdogan N., Basak E. // Hydrogeochemical evaluation western Anatolian mineral waters // Environmental Geology. 2004. Vol. 45, № 4. pp. 494–503.
14. Kis B.-M., Czellecz B., Baciú C., Kékedy-Nagy L. Hydrogeochemical Features of Some Mineral Waters at the Contact between Harghita Mts. (Eastern Carpathians) and the Transylvanian Basin // Journal of Hydrology. 2018. Vol. 559. pp. 942–953.
15. Sakharov V.A., Morozova O.A., Vypryzhkin E.N., I Ken Khi, Poliak H.S. Formation of chemical composition of injection-type mineral water deposits as exemplified by chapaevskoye field in Korsakov district of Sakhalin region // Periódico Tchê Química. 2019. Vol. 16, N 31. pp. 457–471.
16. Carreira P.M., Nunes D., Marques J.M., Carvalho M.R., da Silva M.A. Carbon isotopes and geochemical processes in CO₂-rich cold mineral water, N-Portugal // Environmental Earth Sciences. 2014. T. 71, No 6. pp. 2941–2953.
17. Haklıdır F.T. Hydrogeochemical evaluation of thermal, mineral and cold waters between Bursa city and Mount Uludağ in the South Marmara region of Turkey // Geothermics. 2013. Vol. 48. pp. 132–145.
18. Marques J.M., Etiope G., Neves M. O., Carreira P. M., Suzuki S. Linking serpentinization, hyperalkaline mineral waters and abiotic methane production in continental peridotites: an integrated hydrogeological-bio-geochemical model from the Cabeço de Vide CH₄-rich aquifer (Portugal) // Applied Geochemistry. 2018. Vol. 96. pp. 287–301.
19. Zhang Q., Liang X., Xiao C. The Hydrogeochemical Characteristic of Mineral Water Associated with Water-rock Interaction in Jingyu County, China // Procedia Earth and Planetary Science. 2017. Vol. 17. pp. 726–729.

УДК 553.4

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ХАРАКТЕР ОРУДЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-АНАДЖАКАНСКОЙ ПЛОЩАДИ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Прилукова Венера Александровна

*Магистрант кафедры геологии и нефтегазового дела Технического нефтегазового института
Сахалинский государственный университет
693023, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. Тел. +7 (924) 287-73-07, e-mail: venera.prilukova@mail.ru*

Доржиев Бимба Бадмацыренович

*Магистрант кафедры геологии и нефтегазового дела Технического нефтегазового института
Сахалинский государственный университет
693023, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. Тел. +7 (999) 070-28-87, e-mail: dorzhiev_bimba@mail.ru*

Мелкий Вячеслав Анатольевич

*Ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, доктор технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. Тел. +7 (984)-139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru*

Верхотуров Алексей Александрович

*Старший научный сотрудник Центра коллективного пользования, кандидат технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. Тел. +7 (914)-760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru*

Аннотация

Восполнение минерально-сырьевой базы требует проведения геолого-разведочных работ. Высокие перспективы открытия новых месторождений имеют территории, находящиеся в пределах рудных узлов. В работе рассмотрена геолого-геофизическая изученность Центрально-Анаджаканской площади, приведена характеристика геологического строения и оруденения. Медно-порфиновые руды генетически связаны с вулcano-плутоническими ассоциациями нижнего и среднего этажей поясов, соответствующих раннему и среднему этапам становления. В составе вулканитов присутствуют базальт-андезитовая, андезитовая и риодацит-риолитовая формации. Медно-порфировое оруденение характеризуется относительно низкими концентрациями полезных компонентов, что в перспективе должно быть компенсировано значительными объемами такой руды.

Ключевые слова: Анаджаканская площадь, геолого-разведочные работы, месторождение полезных ископаемых, золото-медно-порфировое оруденение, геолого-геофизическая изученность.

ВВЕДЕНИЕ

Проведение обоснованных геолого-разведочных работ на регулярной основе – это единственный на сегодняшний день способ борьбы с истощением запасов полезных ископаемых [1–2]. При этом важной задачей является восстановление минерально-сырьевых ресурсов путем проведения поисковых и разведочных работ на территориях минералогических зон, на которых уже открыты промышленно-значимые полиметаллические месторождения, и находящиеся в непосредственной близости к существующим объектам производства.

Для обоснования постановки поисковых работ на слабоизученных территориях, а также выбора оптимальных методов их проведения необходимо подробно изучать открытые месторождения и типы оруденения. Золото-кварцевый, золото-сульфидный и медно-порфировый типы оруденения являются одними из самых распространённых и широко представленных по итогам ранних геологических исследований на Анаджаканской площади.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦЕНТРАЛЬНО-АНАДЖАКАНСКОЙ ПЛОЩАДИ

Центрально-Анаджаканская площадь находится в северной части Амурского административного района Хабаровского края и занимает площадь 208 км². Исследуемая площадь относится к Анаджаканскому рудному узлу, расположенному в южной части Комсомольского рудного района в составе Нижнеамурской золото-медной минералогической зоны.

Район исследования расположен на южных отрогах хребта Джаки-Унахта-Якбыяна в его северо-восточной части. Склоны горных сооружений обычно прямые, имеют крутизну от 20° до 35° и изрезаны многочисленными глубокими долинами ручьёв. Широко развит крупноглыбовый делювий, на крутых склонах нередко встречаются полузакреплённые осыпи – курумник.

Речная сеть района принадлежит бассейну реки Амур. Площадь работ охватывает междуречье Анаджакан – Маглой, являющихся правыми притоками р. Эльбан, впадающей в свою очередь в р. Амур.

Растительность района типичная горно-таёжная с плохой проходимостью. На больших участках площади лесные массивы сгорели при пожарах, либо вырублены. Леса захламлены валёжником, особенно на старых гарях.

Район работ характеризуется благоприятной структурно-минерагенической ситуацией. Центральная-Анаджаканская площадь располагается в непосредственной близости к крупнообъёмному Малмыжскому месторождению, что повышает перспективы открытия новых промышленных рудных тел.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО-АНАДЖАКАНСКОЙ ПЛОЩАДИ

В районе исследований был проведен ряд геолого-съёмочных и поисковых работ начиная с середины прошлого века [3–6].

К настоящему времени территория исследований обеспечена картами масштаба 1:1 000 000 различных поколений. Последняя работа по листу М-53 завершена в 2009 г. На картах и в пояснительных записках приводятся сведения о стратиграфии, литологии, магматизме, тектонике и полезных ископаемых регионов, по отдельным листам приводятся карты геофизических полей, схемы геолого-структурного и минерагенического районирования. На лист М-53-ХVII, в пределах которого расположен Анаджаканский РУ, в 2001 г. издана карта второго поколения масштаба 1:200 000.

Гравиразведка проводилась с 1960-х годов с целью изучения глубинного строения земной коры и рудных районов. Работами масштаба 1:1 000 000–1:200 000 охвачена вся рассматриваемая территория (Рис. 1). В результате была построена карта гравитационного поля для геофизической основы листа М-53, на которой проявлен региональный минимум поля силы тяжести вдоль долины р. Амур и максимумы, приуроченные к продуктам наложенных вулcano-плутонических поясов.

Рис. 1. Схема геолого-геофизической изученности Центральной части Анаджаканского рудного узла.

Fig. 1. Schema of geology and geophysical knowledge of the central part Anadzhakan ore cluster.

Магниторазведка проводилась преимущественно в 1950–1960-е годы. Съёмки масштаба 1:200 000 выполнены на единой истинной высоте полетов 150 м с феррозондовыми аэромагнитометрами. Эти данные, наряду с отдельными более крупномасштабными материалами, позволили составить карты магнитного поля в качестве геофизической основы листа М-53.

История поисков началась с работ Комсомольской экспедиции Дальневосточного геологического управления, нацеленных на золото, олово и молибден. Работы проводились на шести участках для заверки рудопроявлений, выявленных при съёмке масштаба 1:50 000, и включали металлометрическую съёмку, шлиховое опробование, проходку канав, траншей и проходка шурфов на проморозку, бороздовое и задирковое опробование. Большая часть участков получила отрицательную оценку относительно перспектив дальнейших поисков. В пределах участка горы Анаджакан намечена минерализованная зона с золотом, высказано мнение о перспективности выявления в его пределах россыпи золота.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНТРАЛЬНО-АНАДЖАКАНСКОЙ ПЛОЩАДИ

В геологическом строении площадь работ сложена среднеюрскими терригенно-кремнистыми образованиями хурбинской и ульбинской свит и верхнеюрскими терригенными и кремнисто-глинистыми породами силинской и падалинской свит. Породы дислоцированы в простые складки северо-восточного простирания с углами падения на крыльях 50–60°, иногда до 70–80°.

Магматические образования представлены позднемеловыми интрузиями гранитоидов диорит-гранодиорит-гранит-лейкогранитовой формации мяочанского интрузивного комплекса и курунского дайкового комплекса. Мяоченский интрузивный комплекс представлен породами, выведенными на дневную поверхность Сюмнюрским, Верхнемаглойским, Высоким, Даухманским, Анаджаканским и Ульбинским массивами. Это кварцевые диоритовые порфириды и кварцевые диориты второй фазы, гранодиориты, гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры третьей, адалелитовые, лейкократовые граниты, а также трещинные тела аплитов четвёртой фазы.

В тектоническом плане выделяются два структурных яруса – мезозойский и неоген-четвертичный. Основную роль играет мезозойский ярус, сложенный терригенными юрскими образованиями, которые сжаты в узкие линейные складки, нарушенные многочисленными разломами. Оси складок ориентированы в северо-восточном направлении.

Важную роль в геологическом строении территории и размещении оруденения играет дизъюнктивная тектоника. Отмечаются разломы северо-западного, субширотного и субмеридионального простирания.

Основными морфоструктурными единицами является окаймляющие площадь работ хребты Джаки–Унахта–Якбыяна и Среднеамурская впадина. Максимальные высотные отметки на площади работ (800–900 м), минимальные (100–200 м). На площади выделены следующие категории рельефа:

а) вулканогенный рельеф распространен в пределах полей развития слабо расчлененных платообразных поверхностей, образовавшихся в результате неоднократных излияний трахибазальтов и трахидолеритов в плиоцен-ранненеоплейстоценовое время с последующей эрозией этих поверхностей;

б) выработанный рельеф представлен наклонными эрозионно-денудационными и денудационными поверхностями;

в) эрозионно-денудационные поверхности сформированы в результате эрозионной деятельности водотоков с последующей существенной обработкой их склоновыми процессами;

г) денудационные поверхности, созданные преимущественно плоскостным смывом, представляют собой ряд пологих возвышенностей и увалов со сглаженными очертаниями, разделенных широкими речными долинами;

д) аккумулятивный рельеф представлен поверхностями, образованными временными

потоками, речной и озерной аккумуляцией. Данная категория рельефа наиболее благоприятна для образования золотоносных аллювиальных россыпей.

Гидрогеологические условия территории определяются следующими факторами: расчлененностью рельефа, климатическими условиями, геологическим строением и составом пород, различных по степени водопроницаемости.

Гидротермально-метасоматические образования представлены широко распространенными кварц-серицитовыми и пропиловыми метасоматитами.

Коры выветривания распространены практически на всей территории. Наиболее глубокая гипергенная переработка установлена в гранитах и сульфидизированных породах. Практический интерес представляют коры выветривания, развивавшиеся по сульфидным зонам («железная шляпа») в связи с их рудоносностью. Они сложены гидроокислами железа, вмещающими породы служат серицитизированные, сульфидсодержащие роговики и гидротермально измененные интрузивные породы.

В Анаджаканском рудно-россыпном узле выявлено несколько проявлений золота, молибдена, олова и меди (Рис. 2).

Условные обозначения

Интрузивные формации позднего мела		Минерализация	
Мячковский комплекс	$\gamma_1 K_m$ Граниты	Золото-кварц-сульфидная	
	$\gamma_{\pi} K_m$ Гранит-порфиры	Молибден-медно-порфировая	
	$\gamma_{\delta} K_m$ Гранодиориты	?	
Мячковский комплекс	$\gamma_{\delta} K_m$ Кварцевые диоритовые порфиры	Золото-медно-порфировая	

Стратифицированные формации юры (средний-верхний отделы)

Терригенно-кремнистая формация	$J_2 S_1$	Силикатная свита. Песчаники, гравелиты, алевролиты терригенно-глинистой формации
	$J_2 U_3$	Верхняя пачка. Кремнистые и кремнисто-глинистые породы, тонкозернистые песчаники, алевролиты
	$J_2 U_2$	Средняя пачка. Алевролиты, песчаники, глинистые сланцы, кремнистые и кремнисто-глинистые породы
	$J_2 U_1$	Нижняя пачка. Кремнистые породы

Гидротермально-метасоматические образования

	Кварц-серицитовые метасоматиты
	Кварц-сульфидные штокверки
	Предполагаемые золото-кварц-сульфидные жилы
	Контактные роговики

Полезные ископаемые

	а - россыпь золота по р. Студеный;
	б - шлюховой поток золота

Основные типы оруденения:

	Au-Cu золото-медно-порфировый
	Mo-Cu молибден-медно-порфировый
	Au золото-кварц-сульфидный
	Рудные зоны

Рис. 2. Рабочая модель центральной части Анаджаканского рудного узла.

Fig. 2. Working model of the central part of Anadzhakan ore cluster.

Проявление меди «Черная Дыра» в среднем содержит 0,54 % меди на интервал мощностью 14,6 м. Проявление Гордеевское имеет содержание молибдена 0,001–0,03 % и приурочено к экзоконтакту позднемеловых грейзенизированных гранит-порфиров. Содержание молибдена в борздовых пробах составляет 0,01–0,03 %.

Проявление золота на площади работ выявлены в россыпях и коренных породах. Проявление Просторное (Маглойское) приурочено к экзоконтакту Анаджаканского массива позднемеловых гранодиоритов. Во встреченных кварцевых жилах мощностью до 0,4 м содержится мелкая вкрапленность халькопирита, пирротина, сфалерита, халькозина, налеты борнита и лимонита. Содержание золота составляет от 1,1 г/т на мощность 1,0 м до 6,7 г/т на мощность 1,5 м (макс. 9 г/т). Присутствуют серебро (до 47 г/т), медь (до 2,5 %), свинец и цинк (до 0,4 %) и олово (до 0,03 %). По геофизическим данным оруденение устойчиво прослеживается до глубины 250 м.

Россыпь руч. Студеного – аллювиальная, пойменная и террасовая. Длина ее 3,3 км, ширина 70–90 м, мощность отложений 2–6 м, мощность пласта 1,0–3,0 м. Среднее содержание золота на пласт 508 мг/м³ (макс. 4 г/м³).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Центрально-Анаджаканская площадь характеризуется сложной металлогенией. Перспективными на меднопорфировые руды являются вулканоплутонические ассоциации нижнего и среднего этажей поясов, соответствующих раннему и среднему этапам становления. В составе вулканитов присутствуют базальт-андезитовая, андезитовая и риодацит-риолитовая формации.

Медно-порфировое оруденение, которое представлено на Анаджаканской площади, характеризуется относительно низкими концентрациями полезных компонентов, что в перспективе должно быть компенсировано значительными объемами такой руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов А.В., Чибисов А.С., Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Минеральные ресурсы Сахалинской области и перспективы их использования / А.В. Романов, А.С. Чибисов, В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров // Горный журнал. – 2017. – № 7. – С. 17–24. – DOI: 10.17580/gzh.2017.07.03
2. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Россыпи железосодержащих минералов в Сахалинской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 6–18. – DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
3. Фрейдин А.И., Богуславский И.С., Николаева Т.В., Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Нижне-Амурская серия. Лист М-53-ХVIII. Объяснительная записка. 1961.
4. Отчет о поисково-разведочных работах, проведенных в бассейнах рр. Даухман, Анаджакан и Ульбин за 1960–1961 гг. (Сюмнюрская партия) / рук. Р.А. Гордеев. 1962.
5. Отчет о геолого-съёмочных работах масштаба 1:50 000 в пределах листов М-53-57-Г и М-53-69-Б (Маглойская партия, 1959 г.) / отв. исп. Н.Е. Завадская. 1960.
6. Геологическое строение и полезные ископаемые Анаджаканского рудного узла: отчет о результатах поисковых геолого-геофизических исследований масштаба 1:25 000 на южных флангах Комсомольского рудного района в 1982–1987 гг. / рук. В.А. Пляскин. 1988.

UDC 553.4

GEOLOGY ASPECTS AND TYPE OF MINERALIZATION OF THE CENTRAL ANADZHAKAN AREA (KHABAROVSK TERRITORY)

Venera A. Prilukova*Master's student**Sakhalin State University, Technical Oil and Gas Institute**693007, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 2 Pogranichnaya street. Tel. +7 (924) 287-73-07, e-mail: venera.prilukova@mail.ru***Bimba B. Dorzhiev***Master's student**Sakhalin State University, Technical Oil and Gas Institute,**693007, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 2 Pogranichnaya street, tel. +7 (999) 070-28-87, e-mail: dorzhiev_bimba@mail.ru***Vyacheslav A. Melkiy***Lead researcher, Laboratory of volcanology and volcano hazard**Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences**693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki st. 1B. Doctor of Technical Sciences.**Tel. +7 (984)-139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru***Alexey Alexandrovich Verkhoturov***Cand. Sc., Senior researcher**Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch of Russian Academy of Science**693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki st. 1B. Tel. +7 (914)-760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru*

Abstract

Replenishment of mineral resource base requires geological exploration. The territories located within ore nodes have high prospects for detection of new deposits. The article considers geological and geophysical knowledge of the Central Anadzhakan area, the characteristics of geological structure and mineralization. Porphyry copper ores are genetically related to volcanoplutonic associations of lower and middle floors of belts corresponding to early and middle stages of formation. In composition of volcanics rocks, there are basalt-andesite, andesite and rhyodacite-rhyolite formation. Porphyry copper mineralization is characterized by relatively low concentrations of useful components, which in the future should be compensated by significant volumes of such ore.

Keywords: *Anadzhakan area, geological exploration, mineral deposits, gold-copper-porphyry mineralization, geological and geophysical knowledge.*

REFERENCES

1. Romanov A.V., Chibisov A.S., Melkiy V.A., Verkhoturov A. A. Mineral resources of the Sakhalin region and prospects for their use // *Gorny Zhurnal*. – 2017. – No. 7. – pp. 17–24. – DOI: 10.17580/gzh. 2017. 07. 03
2. Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. Placer of iron and bearing minerals in the Sakhalin region // *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources*. – 2019. – Vol. 330, No. 1. – pp. 6–18. – DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
3. Report on prospecting and exploration work carried out in the basins of the rivers Daukhan, Anadzhakan and Ulbin for 1960–61. (Syumnyur party) / R.A. Gordeev. 1962.
4. Report on geological survey works at a scale of 1:50 000 within sheets M-53-57-G and M-53-69-B (Magloyskay party, 1959) / N.E. Zavadskay. 1960.
5. Geological structure and minerals of the Anadzhakan ore cluster: Report on the results of prospecting geological and geophysical studies at a scale of 1: 25 000 on the southern flanks of the Komsomolsk ore region in 1982–87 / V.A. Playskin. 1988.
6. Freidin A. I., Boguslavskiy I.S., Nikolaeva T.V. Geological map USSR. Scale 1:200 000. Nizhne-Amur series. Sheet M-53- XVIII. Explanatory report. 1961.

УДК 528.44

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ GNSS-СЕТИ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА «МАТЕРИК–САХАЛИН»

Карпик Александр Петрович*Доктор технических наук, профессор, ректор**Сибирский государственный университет геосистем и технологий**Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (383) 343-39-37, e-mail: rector@mail.ru***Аврунев Евгений Ильич***Кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования**Сибирский государственный университет геосистем и технологий**Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. тел. +7 (913) 901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru***Мелкий Вячеслав Анатольевич***Ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, доктор технических наук**Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук**Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. тел. +7 (984) 139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru***Адам Александр Мартынович***Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой экологии, природопользования и экологической инженерии.**Томский государственный университет**Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36. Тел. +7 (909) 543-93-23, e-mail: adam@green.tsu.ru***Бакулина Анастасия Андреевна***Магистрант кафедры кадастра и территориального планирования**Сибирский государственный университет геосистем и технологий**Россия, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. тел. +7 (952)-905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru*

Аннотация

Для геодезического обеспечения строительства запроектированного мостового перехода через пролив Невельского с материковой части Дальнего Востока на о. Сахалин предложен проект комбинированной GNSS-сети. Построение такой сети необходимо для создания единой системы координат на район строительства, на основании которой выполняются градостроительные, землеустроительные и кадастровые работы. Запроектированная геодезическая сеть должна удовлетворять требованиям точности вынесения в натуру основных и вспомогательных осей инженерного сооружения и нормативной точности определения координат характерных точек, закрепляющих на местности границы земельного участка, предназначенного для строительства. Точность вынесения в натуру осей регламентируется конструктивными особенностями инженерного сооружения и регулируется соответствующими СНиПами, а нормативная точность определения координат характерных точек определяется категорией земель, на которой расположен данный земельный участок. В результате оценки точности проекта комбинированной GNSS-сети на специализированном программном обеспечении определена ее оптимальная конструкция, позволяющая решить перечисленные выше актуальные научно-технические задачи.

Ключевые слова: геодезическое обоснование, мостовой переход через пролив, земельный участок, GNSS-сеть, спутниковые и наземные измерительные технологии, средняя квадратическая ошибка.

ВВЕДЕНИЕ

На Сахалине проживает около 0.5 млн граждан. На сегодняшний день крупногабаритные грузы с материка на Сахалин возможно доставлять только с помощью железнодорожно-паромной переправы Ванино–Холмск, работающей круглый год, но из-за неблагоприятных погодных условий рабочий период сокращается на сроки до 40 дней в году. Поэтому проект строительства мостового перехода железнодорожной линии Селихино–Ныш через прол. Невельского с материковой части Дальнего Востока на о. Сахалин является важной научно-технической задачей, которая позволит решить многочисленные проблемы устойчивого развития данного региона.

Рис. 1. Проектируемые варианты положения мостового перехода на гипсометрической схеме района пролива Невельского (построена на основе модели рельефа ALOS World 3D): 1 – «Средний»; 2 – «Южный» и 3 – «Новый».

Fig. 1. Designed options for position of the bridge crossing on the hypsometric scheme of the Nevel'sky Strait area (based on the ALOS world 3D relief model): 1 – «Sredny»; 2 – «Yuzhny» and 3 – «Novy».

Проект геодезической сети выполнен на космическом снимке Landsat, полученном через систему Google Earth в программной среде MapInfo.

При проектировании были реализованы следующие концептуальные принципы.

1. Пункты GNSS-сети располагаются в местах, где обеспечена их долговременная сохранность и стабильность в пространстве и времени.
2. Определяемые пункты GNSS-сети располагаются в непосредственной близости от оси мостового перехода.
3. Между пунктами сети, находящимися на береговой линии, обеспечивается прямая оптическая видимость.

Расстояние между пунктами сети, расположенными по обе стороны пролива, составило в среднем 23 км, а длина линий между пунктами, расположенными вдоль береговой линии, – 2 км.

Схематическое изображение запроектированной сети приведено на рис. 2.

Для реализации выполненного проекта предусматривается использование измерительного оборудования, обеспечивающего следующие инструментальные точности (средние квадратические ошибки измеренных углов, длин линий и базовых векторов): $m_b = 1''$, $m_L = 2 + 0.5 \text{ мм} \times L \text{ (км)}$ для наземных измерений и, соответственно, $m_{\text{GNSS}} = 2 + 0.3 \text{ мм} \times L \text{ (км)}$ – для спутниковых определений.

Оценка точности проекта геодезической сети заключается в вычислении средних квадратических ошибок (СКО) параметров и сравнении их с нормативными величинами. Оценка

Проект строительства такого мостового перехода тесно связан с развитием сети железных дорог этого региона. Пролив Невельского разделяет материк с островом в самом узком месте шириной около 7.5 км. Рассматривается несколько проектных решений перехода через пролив. Окончательное решение о месте перехода будет утверждаться на основе результатов инженерных изысканий [Васильков, 2011; Мелкий и др., 2019; Мелкий и др., 2020 а, б] (Рис. 1).

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

В качестве проекта предложена комбинированная схема построения GNSS-сети, основанная на использовании спутниковых и наземных измерительных технологий. Эта геодезическая сеть должна удовлетворять требованиям нормативной точности вынесения в натуру основных и вспомогательных осей запроектированного инженерного сооружения и нормативной точности определения координат характерных точек, закрепляющих на местности границы земельного участка, предназначенного для строительства [Аврунев, 2010]. Кроме того, созданная на основании параметров GNSS-сети координатная система позволит сформировать координатное пространство, необходимое для решения многочисленных задач устойчивого развития этого региона [Карпик, 2013].

точности выполнялась на основе метода наименьших квадратов с использованием специализированного программного обеспечения, разработанного на кафедре кадастра СГУГиТ [Аврунев, 2010]. Исходными данными для расчетов явились инструментальные точности предполагаемого для применения измерительного оборудования, схема расположения пунктов комбинированной спутниковой GNSS-сети и запроектированные измерения.

Рис. 2. Схема комбинированной GNSS-сети с использованием спутниковых и наземных измерительных технологий. a – базовый вектор приращений координат, определяемый в результате использования измерительных GNSS-технологий; β и L – соответственно горизонтальные углы и длины линий, измеренные в комбинированной GNSS-сети с использованием электронного тахеометра.

Fig. 2. Scheme of the combined GNSS network using satellite and ground-based measurement technologies. a – basic vector of the coordinates increment defined as a result of using of GNSS measurement technologies; β and L – the horizontal angles and length of lines respectively measured in the combined GNSS-network using an electronic total station.

Все перечисленные выше аналитические характеристики приведены в таблицах.

Табл. 1. Координаты исходных и определяемых пунктов.

Table 1. The coordinates of initial and destination points.

№ пункта	X, м	Y, м
Исходный пункт		
1	12 540	22 720
Определяемые пункты		
2	34 810	19 130
3	12 715	24 365
4	34 220	20 870
5	12 760	21 170
6	33 960	17 760

Табл. 2. Проектируемые наземные и спутниковые измерения.

Table 2. Designed ground and satellite measurements.

Пункт сети, на котором установлен инструмент	Пункт сети, на который выполняются наблюдения	Проектируемые измерения		
		горизонтальные углы β	длины линий L	базовые векторы a
1	3	1	1	1
	2			1
	5	1	1	1
3	4			1
5	6			1
2	4	1	1	1
	6	1	1	1

Результаты выполненной оценки точности положения пунктов представлены в табл. 3.

Табл. 3. Средние квадратические ошибки параметров GNSS-сети (в см).

Table 3. Mean squared errors of the GNSS-network parameters (cm).

№ пункта	m_x	m_y	m	№ стороны	m_{i-j}
2	1.8	1.7	2.5	1–3	0.8
3	0.8	0.4	0.9	1–2	2.5
4	2.2	1.7	2.8	1–5	2.4
5	2.3	0.5	2.4	3–4	2.8
6	2.4	1.7	2.9	5–6	2.9
–	–	–	–	2–4	1.7
–	–	–	–	2–6	1.6

Примечание. Здесь и в табл. 4: m – средняя квадратическая ошибка (СКО), m_x – СКО по оси X, m_y – СКО по оси Y, m_{i-j} – СКО длины линии.

Анализируя результаты оценки точности проекта, следует отметить, что наиболее слабым является пункт 6, который характеризуется следующими СКО: $m_x = 2.4$ см, $m_y = 1.7$ см, $m = 2.9$ см. Наиболее точно определяется пункт 3, СКО которого составили: $m_x = 0.8$ см, $m_y = 0.4$ см, $m = 0.9$ см. Наибольшая СКО взаимного положения смежных пунктов характерна для стороны 5–6, она составляет $m = 2.9$ см.

Следовательно, запроектированная GNSS-сеть может служить исходным геодезическим обоснованием только для проведения землеустроительных и кадастровых работ, где в соответствии с действующим российским законодательством средние квадратические ошибки не должны превышать $m = 5$ см. Однако для вынесения в натуру основных и вспомогательных осей инженерного сооружения точность ее урвненных параметров является недостаточной, поскольку необходимая точность определения координат в среднем должна быть не грубее $m = 1.2$ см.

Повышение точности этого геодезического построения достигается уменьшением длин линий между пунктами GNSS-сети, расположенными на материковой и островной части рассматриваемой территории. Для этого во втором варианте проекта предусмотрены дополнительные определяемые пункты (7, 8, 9), которые предлагается разместить на вспомогательных технологических элементах будущего мостового перехода.

Проект такого комбинированного GNSS-построения приведен на рис. 3.

Рис. 2. Схема комбинированной GNSS-сети с использованием спутниковых и наземных измерительных технологий. a – базовый вектор приращений координат, определяемый в результате использования измерительных GNSS-технологий; β и L – соответственно горизонтальные углы и длины линий, измеренные в комбинированной GNSS-сети с использованием электронного тахеометра.

Fig. 2. Scheme of the combined GNSS network using satellite and ground-based measurement technologies. a – basic vector of the coordinates increment defined as a result of using of GNSS measurement technologies; β and L – the horizontal angles and length of lines respectively measured in the combined GNSS-network using an electronic total station.

В табл. 4 приведены результаты оценки точности для проекта GNSS-построения.

Табл. 4. Средние квадратические ошибки параметров GNSS-сети с дополнительными определяемыми пунктами.

Table 4. Mean squared errors of the GNSS-network parameters with additional locatable points.

№	m_x	m_y	m	№ стороны	m_{i-i}
2	0.5	0.5	0.8	1–3	0.6
3	0.4	0.4	0.6	1–7	0.6
4	0.5	0.5	0.8	1–5	0.7
5	0.5	0.4	0.8	1–8	0.6
6	0.6	0.5	0.8	1–9	0.6
7	0.4	0.4	0.6	3–7	0.7
8	0.4	0.4	0.6	7–4	0.7
9	0.4	0.4	0.6	2–4	0.6
–	–	–	–	2–6	0.6
–	–	–	–	9–6	0.7
–	–	–	–	8–7	0.5
–	–	–	–	8–9	0.6
–	–	–	–	8–2	0.6
–	–	–	–	8–4	0.6

Для такого варианта наиболее слабыми являются определяемые пункты 4, 5, 6, СКО которых составляют $m = 0.8$ см, а максимальная СКО взаимного положения смежных пунктов характерна для сторон 1–5, 3–7, 7–4, 9–6, которая составляет $m = 0.7$ см.

Сеть с этими точностными параметрами соответствует требованиям градостроительных работ для данного класса инженерных сооружений и может быть использована как исходная при вынесении в натуру осей запроектированного мостового перехода, а также для выполнения кадастровых работ в отношении земельных участков и расположенных на них объектов недвижимости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные в настоящей статье теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. При создании в территориальном образовании геодезического обоснования целесообразно рассчитывать его точностные параметры, удовлетворяющие всем требованиям как землеустроительных и кадастровых работ, так и градостроительной деятельности.
2. В качестве способа построения геодезической сети наиболее оптимально использовать комбинированные геодезические построения, сочетающие в себе использование как наземных, так и спутниковых измерительных технологий.
3. Для повышения точности определяемых параметров в таких комбинированных построениях необходимо ограничивать длины линий между пунктами сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости. Новосибирск: СГГА, 2010. 143 с.
2. Васильков А.С. 2011. Строительство мостового перехода Сахалин – Материк, перспективы и реалии. Евразия Вести, 8. URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?page=32&publid=2011-08a15> (дата обращения: 25.01.2021).
3. Карпик А.П. Основные принципы формирования геодезического информационного пространства. Известия вузов // Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № S4. С. 73–78.

4. Мелкий В.А., Братков В.В., Верхотуров А.А. Геологические и геоморфологические предпосылки выбора места транспортного перехода «Материк – Сахалин» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020а. Т. 331(1). С. 158–170. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/1/2457>
5. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Пищальник В.М., Братков В.В. Климатические и гидрологические факторы, действующие в районе створа для строительства моста «Сахалин – материк» / В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров, В.М. Пищальник, В.В. Братков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020б. Т. 331(9). С. 108–121. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44167411> (дата обращения: 10.09.2020).
6. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Аврунев Е.И., Зарипов О.М. 2019. Организация мониторинга земной поверхности в створе мостового перехода «Сахалин – материк». Регулирование земельно-имущественных отношений: технологические решения, кадастровая оценка, нормативно-правовое обеспечение: материалы Второй национальной науч.-техн. конф., Томск, 20–22 июня 2019 г. Томск: ТГАСУ; СГУГиТ, с. 52–53. URL: https://www.tsuab.ru/upload/iblock/ccf/Материалы%20конференции_20-22%20июня%202019.pdf (дата обращения: 10.02.2021).

UDC 528.44

DESIGN OF COMBINED GNSS NETWORK FOR GEODETIC SUPPORT OF CONSTRUCTION OF THE «MAINLAND-SAKHALIN» BRIDGE CROSSING

Alexander P. Karpik

*Dr. Science, Professor, Rector of the University
Siberian State University of Geosystems and Technology
630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel. +7 (383) 343-39-37, e-mail: rector@mail.ru*

Yevgeny I. Avrunev

*Ph. D., Professor of The Department of Cadastral and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technology
630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel. +7 (913) 901-32-66, e-mail: avrunev_ei@ngs.ru*

Alexander M. Adam

*Dr. Science, Professor, Head of the Department of Ecology Nature Management and Environmental Engineering
Tomsk State University
634050, Russia, Tomsk, 36 Lenin Ave. Tel. +7 (909)-543-93-23, e-mail: adam@green.tsu.ru*

Vyacheslav A. Melkiy

*Dr. Science, Lead Researcher of the Laboratory of Volcanology and Volcano Danger
Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Department of the Russian Academy of Sciences
693022, Russia, South Sakhalinsk, Science str, 1B. Tel. +7 (984) 139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru*

Anastasia A. Bakulina

*Master of The Department of Cadastral and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technologies
630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel. +7 (952) 905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru*

Abstract

Project of combined GNSS network proposed for the geodetic support of the construction of a projected bridge crossing the Nevelsky Strait from the mainland of the Far East to Sakhalin Island. The construction of such a network is necessary to create a single system of coordinates for the area of construction, on the basis of which the urban planning, land-building and cadastral works are carried out. The projected geodetic network must meet the requirements for the accuracy of mapping the main and auxiliary axes of the engineering structure and the normative accuracy of identifying the coordinates of the characteristic points, fixing on the ground the boundaries of the land intended for the construction of such a property. The accuracy of mapping the axes is regulated by the design features of the engineering facility and by the relevant SNIPs, and the normative accuracy of identifying the coordinates of the characteristic points determined by the category of land on which the land plot is located. As a result of assessing the accuracy of the combined GNSS network design using the specialized software, its optimal design was determined, which allows solving the above-mentioned urgent scientific and technical problems.

Keywords: *geodetic justification, bridge crossing across strait, land plot, GNSS-network, satellite and ground measuring technologies, mean squared error.*

REFERENCES

1. Avrunev E.I. Geodesic provision of the State real estate inventory. Novosibirsk: SGGA, 2010. 143 p.
2. Vasilkov A.S. 2011. Construction of the Sakhalin – Mainland bridge crossing, prospects and realities. *Evraziya Vesti*, 8. URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?page=1&publid=2011-08a15> (accessed 25.01.2020).
3. Karpik A.P. Basic Principles of geodesic information space formation. *Izvestia of Universities // Geodesy and Aerial Photography*, 2013. № S4. P. 73–78.
4. Melkiy V.A., Bratkov V.V., Verhoturov A.A. Geological and geomorphological determinants for choosing the place of transport crossing “Continent–Sakhalin” / V.A. Melkiy, V.V. Bratkov, A.A. Verhoturov // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2020. Vol. 331(1). P. 158–170. <https://doi.org/10.18799/2413183/2020/1/2457>
5. Melkiy V.A., Verhoturov A.A., Pishchal'nik V.M., Bratkov V.V. Climatic and hydrological factors operating in the area of leading line for construction of bridge “Sakhalin – Continent” / V.A. Melkiy, A.A. Verhoturov, V.M. Pishchal'nik, V.V. Bratkov // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2020. Vol. 331(9). P. 108–121. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44167411> (accessed 10.02.2021).
6. Melkiy V.A., Verhoturov A.A., Avrunev E.I., Zaripov O.M. Organization of monitoring of the earth's surface in the alignment of “Sakhalin – Mainland” bridge crossing / V.A. Melkiy, A.A. Verhoturov, E.I. Avrunev, O.M. Zaripov // In: *Regulation of land and property relations: technological solutions, cadastral assessment, regulatory support: materials of the Second national scientific and technical conference*, Tomsk, June 20–22, 2019. Tomsk: TGASU; SGUGT, 2019. P. 52–53. URL: https://www.tsuab.ru/upload/iblock/ccf/Материалы%20конференции_20-22%20июня%202019.pdf (accessed 10.02.2021).

УДК 528.44

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПАСПОРТА ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ

Аврунев Евгений Ильич

*Кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (913) 901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru*

Бакулина Анастасия Андреевна

*Магистрант кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (952) 905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru*

Аннотация

В статье предлагается форма деформационного паспорта на объект недвижимости для которого необходимо проведение деформационного мониторинга. Деформационный паспорт, по аналогии с межевым или техническим планом, предлагается формировать из двух частей: графической и текстовой. В графической части предлагается помещать данные о месте расположения контролируемого объекта недвижимости и расположения заложённых в его теле деформационных марок, в текстовой – информацию, полученную в результате математической обработки результатов геодезических измерений и заключение о возможности его безопасного функционирования.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, объект недвижимости, деформационные марки, деформационный паспорт, отметки, абсолютные осадки, относительные осадки.

ВВЕДЕНИЕ

Все объекты капитального строительства (ОКС), расположенные в территориальном образовании (ТО), подвержены осадкам и, следовательно, деформациям, которые вызваны различными антропогенными, техногенными и тектоническими факторами. Деформации ОКС, при условии превышения ими предельно допустимых значений, обуславливают различные негативные последствия, вплоть до разрушения здания или сооружения [1].

Поэтому для соответствующего территориального образования актуальным направлением является проведение деформационного мониторинга и по его результатам заключение о возможности безопасного функционирования здания или инженерного сооружения. В связи с многочисленными случаями появления деформаций у объектов капитального строительства появилась необходимость в наблюдении за их развитием, для того чтобы вовремя принять соответствующие профилактические меры по их устранению или поддержания объекта исследования. Все это обуславливает проведение деформационного мониторинга и разработки необходимых сопутствующих документов [2].

Отметим важный аспект этого направления: объекты недвижимости, подверженные значимым осадкам и, соответственно, деформациям, теряют свои эксплуатационные свойства и, следовательно, должна быть пересмотрена их кадастровая стоимость, что очень важно для создания социально справедливой и научно-обоснованной налогооблагаемой базы.

РЕШЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Отмеченные выше позиции обуславливают создание на каждый объект недвижимости (ОКС) деформационного паспорта, в котором должны быть зафиксированы возможные деформации этого инженерного сооружения и заключение о его техническом состоянии. Деформационный паспорт должен быть официальным документом, параметры которого должны быть обозначены и закреплены в нормативно-правовых документах, определяющих выполнение градостроительных и кадастровых работ.

Основные параметры деформационного паспорта должны быть отражены в техническом плане, подготавливаемом кадастровым инженером для внесения сведений об этом объекте в единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) и постановки его на госу-

дарственный кадастровый учет (ГКУ). Кроме этого, деформационный паспорт должен быть передан управляющей компании после ввода ОКС в эксплуатацию.

Исходя из изложенного выше, нами предлагается форма деформационного паспорта, которая может быть представлена следующими документами:

1. Общие сведения об объекте недвижимости;
2. Сведения об исходной высотной основе;
3. Каталог отметок деформационных знаков, заложенных в силовые элементы контролируемого объекта недвижимости;
4. Заключение о деформационном состоянии объектов недвижимости.

Для адаптации предложенной структуры деформационного паспорта был выбран производственный объект (объект капитального строительства), расположенный в городе Новосибирске. Основанием заполнения предлагаемых форм деформационного паспорта послужили результаты шести циклов геодезических измерений, выполненных ООО «ГеоСити» в 2020 году.

Расположение контролируемого объекта недвижимости представлено на рис. 1.

На рис. 2 представлено расположение деформационных марок на контролируемом объекте недвижимости. Пространственное определение местоположения деформационных марок в соответствующем цикле геодезических измерений и сравнение их между собой через интервал времени Δt является исходной основой для составления деформационного паспорта объекта недвижимости.

Схемы, изображенные на рис. 1 и 2, составляют графическую часть деформационного паспорта объекта недвижимости.

Текстовая часть деформационного паспорта, основанная на результатах математической обработки результатов геодезических измерений в девяти циклах, представлена в табл. 1, 2, 3, 4.

Рис. 1. Схема расположение объекта недвижимости.

Fig. 1. Property location scheme.

Табл. 1. Обоснование проведения деформационного мониторинга объектов недвижимости.

Table 1. Justification for deformation monitoring of real estate.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ	
Общие сведения об объекте недвижимости	
1 Сведения о заказчике работ	ООО «СтройКо», генеральный директор Федоров Николай Михайлович (ФИО физического лица, полное наименование юридического лица)
2 Сведения об исполнителе работ	Сокращенное наименование юридического лица: ООО «ГеоСити» Контактный телефон: +7 (383) 355-44-48 Почтовый адрес: город Новосибирск, улица Титова, 9 Электронный адрес: geociti@mail.ru
3 Сведения об объекте	Кадастровый номер объекта – Адрес (местоположение) объекта: г. Новосибирск, Дзержинский район, ул. Республиканская Назначение объекта: жилой дом Количество этажей: 17 Год ввода в эксплуатацию: 2020
4 Сведения об измерениях	Геометрическое нивелирование I класса. 1. Измерения выполняются на этапе строительства объекта недвижимости. 2. Измерения выполняются на этапе строительства объекта недвижимости и в связи с развитием недопустимых деформаций. 3. Измерения выполняются в связи с развитием недопустимых деформаций.

Табл. 3. Результаты математической обработки геодезических измерений на контролируемом объекте недвижимости.**Table 3.** Mathematical processing of geodesic measurements at a controlled property.

1 Каталог отметок деформационных марок на контролируемом здании											
Номера марок и осей здания, где они расположены	Отметки (м)										
	0	I	II	III	IV	V	VI				
1	2	3	4	5	6	7	8				
M1(A-10)	99,0667	99,0657	99,0629	99,0579	99,0587	99,0588	99,0585				
M2(A-7)	99,0761	99,0750	99,0715	99,0651	99,0652	99,0649	Уничтожена				
M3(A-4)	99,0969	99,0957	99,0928	99,0855	99,0855	99,0852	Уничтожена				
M4(A-1)	99,0857	99,0846	99,0821	99,0766	99,0779	99,0783	99,0783				
M5(B-1)	99,0863	99,0851	99,0835	99,0778	99,0777	99,0779	Уничтожена				
M6(B-2)	99,0617	99,0604	99,0570	99,0507	99,0506	99,0512	99,0508				
M7(B-4)	99,1250	99,1237	99,1202	99,1131	99,1130	Уничтожена	Уничтожена				
M8(B-7)	99,0879	99,0860	99,0831	99,0763	99,0761	Уничтожена	Уничтожена				
M9(B-10)	99,1017	99,1006	99,0987	99,0932	99,0937	99,0940	99,0932				
M10(D-10)	99,0754	99,0744	99,0728	99,0688	99,0697	99,0696	99,0699				
M11(D-7)	99,0946	99,0934	99,0907	99,0842	99,0834	99,0834	99,0824				
M12(D-4)	99,0688	99,0675	99,0651	99,0583	99,0579	99,0578	99,0577				
M13(D-1)	99,0703	99,0690	99,0679	99,0640	99,0643	99,0643	Уничтожена				
2 Каталог осадок деформационных марок на контролируемом здании											
Номера марок и осей здания, где они расположены	Осадки деформационных марок										
	Абсолютные, относительно первого цикла наблюдений (мм)						Относительные между циклами наблюдений (мм)				
	0-I	0-II	0-III	0-IV	0-V	0-VI	I-II	II-III	III-IV	IV-V	V-VI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M1(A-10)	-1,0	-3,8	-4,8	-5,0	-6,9	-7,4	2,8	1,0	0,2	1,9	0,5
M2(A-7)	-1,1	-4,6	-5,0	-5,8	-6,0	-	3,5	0,4	0,8	0,2	-
M3(A-4)	-1,2	-4,1	-5,4	-6,4	-7,0	-	2,9	1,3	1,0	0,6	-
M4(A-1)	-1,1	-3,6	-5,1	-6,8	-7,4	-7,4	1,5	1,5	1,7	0,6	0,0
M5(B-1)	-1,2	-2,8	-4,5	-6,6	-8,4	-	1,6	1,7	2,1	1,8	-
M6(B-2)	-1,3	-4,7	-6,0	-6,9	-8,2	-8,9	3,4	1,3	0,9	1,3	0,7
M7(B-4)	-1,3	-4,8	-5,9	-7,0	-	-	3,5	1,1	1,1	-	-
M8(B-7)	-1,9	-4,8	-6,6	-7,8	-	-	2,9	1,8	1,2	-	-
M9(B-10)	-1,1	-3,0	-6,5	-7,0	-7,7	-8,5	1,9	3,5	0,5	0,7	0,8
M10(D-10)	-1,0	-3,6	-6,6	-5,7	-6,8	-7,5	2,6	3,0	-0,9	1,1	0,7
M11(D-7)	-1,2	-3,9	-5,4	-7,2	-8,2	-10,2	2,7	1,5	1,8	1,0	2,0
M12(D-4)	-1,3	-3,7	-6,5	-7,9	-9,0	-9,1	2,4	2,8	1,4	1,1	0,1
M13(D-1)	-1,3	-2,4	-6,3	-6,0	-6,9	-	1,1	3,9	-0,3	0,9	-

Табл. 4. Заключение о деформационном состоянии объекта недвижимости.**Table. 4.** Conclusion on the deformation of the property.

№	Название параметра	Анализ параметра
1	Геодезические измерения	Выполненное высокоточное геометрическое нивелирование соответствует требованиям нормативных документов. Результаты высокоточного геометрического нивелирования короткими лучами, выполненного по программе I класса, могут быть использованы для создания исходной основы и надежного определения осадок и деформаций контролируемого объекта недвижимости.
2	Результаты математической обработки выполненных геодезических наблюдений	В результате вычисления абсолютных и относительных осадок деформационных марок установлено, что контролируемое здание сохраняет свою стабильность в пространстве и его перемещение не превышает установленные нормативные требования.
3	Перемещения в пространстве деформационных знаков и определение уровня их значимости	Все установленные перемещения находятся в пределах точности геодезических измерений и, следовательно, являются не значимыми величинами.
4	Заключение о целесообразности проведения дальнейших наблюдений и возможности безопасного функционирования объекта недвижимости	Поскольку этап строительства завершен и установленные абсолютные и относительные осадки являются не значимыми величинами, параметры деформаций считать не целесообразно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный таким образом деформационный паспорт позволит дополнить геопространство территориального образования актуальной и достоверной информацией о расположенных в нем объектов недвижимости и в случае необходимости запланировать соответствующие профилактические мероприятия по обеспечению безопасного функционирования этого инженерного сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 143 с.
2. Карпик А.П. Основные принципы формирования геодезического информационного пространства // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № S4. – С. 73–78..

UDC 528.44

PROPOSALS FOR THE PREPARATION OF A DEFORMATION PASSPORT OF THE PROPERTY

Yevgeny I. Avrunev

*Ph. D., Professor of the Department of Cadastral and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technology*

630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel. +7 (913)-901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru

Anastasia A. Bakulina

*Master of the Department of Cadastral and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technology*

630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel. +7 (952)-905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru

Abstract

The article proposes a form of deformation passport on the property for which deformation monitoring is required. The deformation passport, similar to the inter-system or technical plan, is proposed to form from two parts: graphic and text. In graphic section it is proposed to place data on the location of the controlled property and the location of deformation marks in its body, in the text part – information obtained as a result of mathematical processing of geodesic measurements and the conclusion about the possibility of its safe functioning.

Keywords: *deformation monitoring, real estate, deformation stamps, warp passport, marks, absolute precipitation, relative precipitation.*

REFERENCES

1. Avrunev E.I. Geodesic provision of the State real estate inventory. Novosibirsk: SGGA, 2010. – 143 c.
2. Karpik A. P. Basic Principles of geodesic information space formation. Izvestia of universities. Geodesy and aerial photography. – 2013. – No S4. – pp. 73–78.

УДК 528.44

ПРОЕКТ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ОСТРОВА САХАЛИН И КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

Аврунев Евгений Ильич

*Профессор кафедры кадастра и территориального планирования, кандидат технических наук
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (913) 901-32-66, e-mail: avrunev_ei@ngs.ru*

Коваленко Максим Игоревич

*Студентка кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (905) 946-93-84, e-mail: maxkov96@gmail.com*

Корбе Валентина Юрьевна

*Студент кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7 (913) 466-86-46, e-mail: v.korbe@mail.ru*

Аннотация

В статье на растровом изображении острова Сахалин и Курильской гряды выполнено проектирование специальной геодезической сети для осуществления деформационного мониторинга этой территории Российской Федерации, которая отличается высокой сейсмической активностью. В результате оценки точности выполненного проекта установлено, что применение самого высокоточного спутникового измерительного оборудования обеспечивает среднюю квадратическую ошибку определения координат пункта в наиболее слабом месте сети 3 см, а взаимного положения пунктов – 1,5 см. Исходя из выполненной оценки точности в статье делается заключение о том, что при реализации данного проекта взаимное движение блоков на литосферной плите возможно определять только при условии, что оно превосходит 3 см.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, специальная геодезическая сеть, GNSS-технологии, геодезическое обоснование, стабильный пункт, средняя квадратическая ошибка.

ВВЕДЕНИЕ

Сейсмичность – одно из наиболее разрушительных физико-географических явлений, которое обуславливает серьезные природные катастрофы. Территория России в целом характеризуется умеренной сейсмичностью, за исключением некоторых районов, расположенных в сейсмоактивных поясах. В таких районах необходимо проведение деформационного мониторинга за движением земной поверхности для своевременного реагирования и организации соответствующих профилактических мероприятий, которые позволяют уменьшить разрушительное влияние землетрясений и избежать человеческих жертв [3].

На Дальнем Востоке России повышенной сейсмичностью отличаются остров Сахалин и Курильские острова с интенсивностью землетрясений в эпицентре (I_0) от 7 до 9 баллов. Остров Сахалин расположен на стыке Тихоокеанской и Евразийской литосферных плит, что обуславливает его повышенную сейсмичность [4]. До катастрофического Невельского землетрясения 1995 года ($M = 7.4-7.7$), унёсшего жизни более 2000 человек, сейсмичность острова Сахалин считалась умеренной. Крупные землетрясения Углегорское (2000 г., $M = 7.1$) и Невельское (2007 г., $M = 6.5$) подтвердили повышенную сейсмическую опасность острова. Сейсмичность Курило-Камчатской зоны повышена в результате активных геодинамических процессов (вулканизм, неотектонические движения), которые могут также провоцировать цунами [3].

Таким образом, деформационный мониторинг за состоянием и изменением земной поверхности в сейсмически активных зонах является актуальной задачей для всех государств, расположенных в поясах сейсмической активности.

Для осуществления деформационного мониторинга земной поверхности необходимо построение геодинамических сетей, в которых с заданной периодичностью повторяются

геодезические измерения, а затем по изменению координат пунктов между эпохами наблюдений вычисляются соответствующие параметры деформационного процесса [2, 5–7]. Следовательно, проектирование и оценка точности параметров геодезического построения, лежащие в основе деформационного мониторинга, – важная научно-технологическая задача.

РЕШЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Проектирование специальной геодезической сети на территорию острова Сахалин и Курильской гряды выполнялось на растровом материале, полученном на основании космических снимков. Эти космоснимки были загружены в программу «MapInfo-17» в качестве не редактируемой подложки масштаба 1: 500 000. Они имеют координатную привязку в координатной системе WGS-84, поэтому весь проект выполнен в этой системе координат.

Проект такой геодезической сети представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Схема спроектированной спутниковой сети.

Fig. 1. Schematic representation of projected satellite network.

Кроме этого, такая специальная геодезическая сеть будет являться исходной основой для создания единого геоинформационного пространства этого региона, с помощью которого возможно решать различные задачи землеустроительной, кадастровой и градостроительной деятельности.

Построение такой специальной геодезической сети (СГС) на местности предлагается осуществлять с использованием спутниковых GNSS-технологий, которые характеризуются следующими положительными технологическими аспектами:

- точность уравниваемых параметров спутникового геодезического построения, в отличие от наземных построений, не зависит от его конструкции (величины связующих углов в треугольниках) [1];

- точность определения векторов базовых линий намного выше по сравнению с традиционными наземными технологиями и не зависит от погодных условий;
- отсутствует необходимость обеспечивать взаимную оптическую видимость между пунктами СГС.

При проектировании СГС было выполнено основное требование при создании геодезических полигонов: определяемые пункты располагались на соответствующих блоках литосферной плиты данного региона; сейсмологические станции, расположенные на островах Курильской гряды, также были включены в запроектированную сеть.

Общее количество пунктов составило двадцать шесть, из них десять пунктов расположены на острове Сахалин, а шестнадцать – на островах Курильской гряды.

Исходный пункт располагается на условно устойчивом геологическом основании в городе Южно-Сахалинск, в южной части острова. Расположение исходного пункта обусловлено тем обстоятельством, что он является исходным в той координатной системе, которая используется для ведения кадастра и выполнения картографических работ в этом регионе. Следовательно, реализация проекта предусматривает создание единого геопространства, которое необходимо для решения многочисленных задач устойчивого экономического развития данного региона.

Среднее расстояние между пунктами запроектированной сети составляет около 150 км.

Оценка точности проекта сети выполнялась в строгом соответствии с методом наименьших квадратов на специализированном программном обеспечении, разработанном на кафедре кадастра в СГУГиТ. Данная программа позволяет вычислять средние квадратические ошибки (СКО) определения положения пунктов относительно начала системы координат и средние квадратические ошибки их взаимного положения. Оценка точности проекта спутниковой сети выполнялась исходя из применения высокоточной спутниковой системы LeicaGS18 T, которая обеспечивает точность определения базовых векторов для запроектированной сети $m_{\text{GNSS}} = 18$ мм.

Результаты оценки точности приведены на схематическом изображении запроектированной сети на рисунке 2.

Рис. 2. Результаты оценки точности проекта геодезической сети.

Fig. 2. Results of estimated accuracy geodetic network.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из анализа полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее слабым пунктом в запроектированной сети является пункт 17, средняя квадратическая ошибка определения координат которого составляет $m = 2.9$ см;

2. Наибольшая средняя квадратическая ошибка взаимного положения смежных пунктов, которая составляет 1.5 см, характерна для сторон 6–26, 11–12, 12–13, 13–14, 14–15, 15–16, 16–17, 23–24. Следовательно, на основании работ [1–2] определять взаимное движение блоков литосферной плиты в этом регионе возможно при условии, что оно превосходит 3 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 143 с.
2. Гиниятов И.А., Аврунев Е.И., Ильиных А.Л. Мониторинг земель и объектов недвижимости. Моделирование и оценивание параметров движений локального участка земной поверхности при ведении мониторинга земель: метод. указания по выполнению лабораторной работы. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 28 с.
3. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Сейсмическое районирование // Природные опасности России. Сейсмические опасности. – М.: КРУК, 2000. – С. 66–96.
4. Уломов В.И. Экспертное заключение по оценке сейсмической опасности районов строительства береговых объектов проекта «Сахалин-1». – Москва: Объединенный институт физики Земли РАН, 2004. – С. 3–4.
5. Шестаков Н.В., Герасименко М.Д., Касахара М. Проектирование наиболее нормативных измерений в геодинимических GPS/ГЛОНАСС-сетях // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка. – 2008. – № 1. – С. 18–27.
6. Шестаков Н.В., Герасименко М.Д. К вопросу об оптимальном проектировании деформационных геодезических GPS-сетей // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 11–17.
7. Шестаков Н.В., Герасимов Г.Н., Герасименко М.Д. Учёт сезонных вариаций координат пунктов GPS/ГЛОНАСС-наблюдений при исследовании современных движений земной коры // Геодезия и картография. – 2009. – № 9. – С. 46–51.

UDC 528.44

GEODESIC JUSTIFICATION PROJECT FOR DEFORMATION MONITORING OF SAKHALIN ISLAND AND KURIL ISLAND ARC

Evgeny Ilyich Avrunev

Professor of The Department of Registry and Territorial Planning, Ph.D.

Siberian State University of Geosystems and Technology

630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotny Street. Tel: (913) 901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru

Maxim Igorevich Kovalenko

Student of the Department of Registry and Territorial Planning

Siberian State University of Geosystems and Technology

630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotny Street. Tel: (905) 946-93-84, e-mail: maxkov96@gmail.com

Valentina Yuryevna Korbe

Student of the Department of Registry and Territorial Planning

Siberian State University of Geosystems and Technology

630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plahotny Street. Tel: (913) 466-86-46, e-mail: v.korbe@mail.ru

Abstract

Special geodesic network was designed by raster image for carry out deformation monitoring of territory Island of Sakhalin and the Kuril Arc in Russian Federation, which is characterized by high seismic activity. As a result of the evaluation accuracy project, it was established that the use of the highest-precision satellite measuring equipment provides an average square error of the positioning of the point at the weakest point of the network of 3 cm, and the mutual position of points 1.5 cm. Based on the assessment of accuracy, the article concludes that in the implementation of this project, the reciprocal movement of blocks on the lithospheric plate can be determined only if it exceeds 3 cm.

Keywords: warp monitoring, special geodesic network, GNSS technology, geodesic justification, stable point, average square error.

REFERENCES

1. Avrunev E.I. Geodesic provision of the state real estate inventory: monograph. – Novosibirsk: SGGA, 2010. 143 p.
2. Giniatov I.A., Avrunev E.I., Ilyin A.L. Monitoring of land and real estate. Modeling and assessing the movements of the local area of the earth's surface when monitoring the land: Methodic Instructions for implementation of laboratory work. – Novosibirsk: SGGA, 2014. – 28 p.
3. Ulomov V.I., Shumilina L.S. Seismic Zoning // Natural Dangers of Russia. T. 2: Seismic hazards. – M.: KRUK, 2000. – Pp. 66–96.
4. Ulomov V.I. Expert Opinion on the seismic hazard of the construction areas of the Sakhalin-1 coastal facilities project. – Moscow: Joint Institute of Earth Physics RAS, 2004. – pp. 3–4.
5. Shestakov N.V., Gerasimenko M.D., Kasahara M. Designing the most normative measurements in geodynamic GPS/GLONASS networks // Izv. vuzov. Geodesy and aerial photography. – 2008. – No 1. – pp. 18–27.
6. Shestakov N.V., Gerasimenko M.D. To the question of optimal design of deformation geodesic GPS networks / Izv. vuzov. Geodesy and aerial photography. – 2009. – No 5. – Pp. 11–17.
7. Shestakov N.V., Gerasimov G.N., Gerasimenko M.D. Taking into account seasonal variations of GPS/GLONASS observations in the study of modern movements of the Earth's crust // Geodesy and cartography. – 2009. – No 9. – pp. 46–51.

УДК 528.44

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ ЭЛЬ-НУУМАНИИ (МУХАФАЗА ВАСИТ, ИРАК) ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Латиф Латиф

Магистрант (Ирак)

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Москва, Гороховский пер., 4.

Братков Виталий Викторович

Заведующий кафедрой географии, доктор географических наук

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Москва, Гороховский пер., 4.

Аннотация

Сегодня человечество сталкивается с рядом проблем, вызванных как природными, так и антропогенными факторами. Одной из них является проблема сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, связанная с хозяйственной деятельностью человека, для решения которой прилагаются большие усилия.

Как и во многих частях земного шара, в Ираке имеются территории, являющиеся региональными индикаторами современных глобальных процессов. В настоящее время на землях Ирака насчитывается порядка 300 загрязненных участков, на которых уже начала происходить деградация почвенного покрова. В наиболее опасных районах обнаружено превышение в несколько раз таких опасных элементов как уран, ртуть, хлор, хром, сера, фенол и цианиды. В результате эти земли стали непригодны для восстановления на них естественной растительности и вовлечения в сельскохозяйственный оборот.

Одним из таких районов, который подвергается активному антропогенному воздействию в Ираке, является мухафаза Васит, расположенная в восточной части Ирака и занимающая площадь около 1080 км². Ее территория в силу природных факторов находится под постоянным воздействием ветровой эрозии, которая сопровождается изменениями физических и химических свойств почвы, а также другими негативными эффектами. Например, частые пыльные бури формируют рельеф песчаных дюн и являются одной из основных и заметных геоморфологических форм в районе исследования. При этом их площадь постоянно увеличивается, что приводит к расширению пустынных участков.

Цель исследования – картографирование современного использования земель Эль-Нуумания (мухафазы Васит, Ирак) с использованием данных дистанционного зондирования Земли. **Объект исследования** – земли окрестностей Эль-Нуумания, находящиеся под воздействием природных и антропогенных процессов. **Методы исследований:** данные дистанционного зондирования Земли (Landsat), отражающие состояние местности на 2019 г.; метеорологические наблюдения за климатическими изменениями. Для обработки данных метеорологических наблюдений использовались статистические методы; обработка данных дистанционного зондирования Земли велась с использованием пакетов ENVI 5.3 (коррекция и применение спектральных индексов), ArcGIS (первоначальное дешифрирование) и MapInfo Professional (окончательное редактирование карт). **Выводы:** проблема опустынивания на изучаемой территории осложняется продолжением климатического опустынивания, обусловленного в том числе и ростом глобальной температуры, а также нестабильной экономической обстановкой в стране в последние несколько десятилетий. В целом проблема опустынивания остается неразрешенной, несмотря на стабилизацию военно-политической обстановки. Анализ пространственного размещения разных категорий земель в условиях аридного климата удобно проводить на основе данных дистанционного зондирования Земли, которое позволяет довольно точно выделять и картографировать природные и антропогенные объекты на основе комбинирования спектральных/вегетационных индексов (NDVI и SAVI).

Ключевые слова: опустынивание, дистанционное зондирование Земли, картографирование земель

ВВЕДЕНИЕ

Мухафаза Васит располагается в восточной части Ирака, а ее административным центром является г. Эль-Кут. В состав провинции входят 5 округов – Бадра, Эль-Хай, Кут, Эль-Нуумания, Эс-Сувайра. Эль-Нуумания располагается на берегу реки Тигр, к юго-востоку от

Багдада. Считается, что он был построен королем Лахмидов Нуманом ибн аль-Мундиром по имени Абу Кабус.

Город Эль-Нуумания располагается на пересечении автомобильных дорог, связывающих южные мухафазы Басра, Насирия и Амара с центральными мухафазами, такими как Дивания, Наджаф и Кербела. Население занимается сельским хозяйством, скотоводством и рыболовством. Площадь города составляет 1083 км², в нем проживает около 100 тыс. чел. Здесь насчитывается более 100 садов для выращивания пальм, фиников и плодовых кустарников, которые занимают площадь около 10 км². Имеется доступный стабильный источник воды, в зависимости от количества которой, а также от климатических условий года, изменяется урожай фруктов и овощей. Кроме пальм и дынь, здесь выращиваются также зерновые (пшеница, ячмень, кукуруза и рис).

Климат Эль-Нуумании, как и центральной части страны, – тропический сухой и полусухой, для которого характерны высокие температуры, мало осадков, низкая влажность и высокая продолжительность солнечного сияния.

От климатических условий конкретных лет в условиях резкого дефицита осадков зависит потребление воды из различных источников, избыточный расход которой, в свою очередь, приводит к такому негативному процессу. Как следствие, происходит сокращение площадей земель сельскохозяйственного назначения и увеличение площадей, занятых пустынями.

Таким образом, на формирование структуры природных и антропогенных ландшафтов на изучаемой территории оказывают влияние такие природные факторы, как климатическое опустынивание, зависящее от глобальных климатических процессов, а также трансформация земель под влиянием хозяйственной деятельности человека.

ОПУСТЫНИВАНИЕ КАК ФАКТОР ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЭЛЬ-НУУМАНИИ

С климатическими условиями и их изменениями связан такой процесс как климатическое опустынивание.

Термин «опустынивание» был впервые введен в 1927 г. французским ученым Луи Лаводеном и популяризировался французским ученым Андре Обревилем. Первыми международными организациями, которые стали использовать термин «опустынивание» в 1962 г., стали Продовольственная и Сельскохозяйственная организации.

В 1977 г. Конференция ООН по опустыниванию (UNCOD), проходившая в Найроби, Кения, определила опустынивание как «уменьшение или уничтожение биологического потенциала земли, который может в конечном итоге привести к подобным пустыне условиям». Это один из аспектов широко распространенного ухудшения состояния экосистем в результате комбинированного или взаимодействующего давления неблагоприятного и изменяющегося климата и чрезмерной эксплуатации территории.

В феврале 1990 г. ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде) сформировала специальный комитет для глобальной оценки опустынивания (ЮНЕП, 1992). Он определил опустынивание как «деградацию земель в засушливых, полувзасушливых, сухих и влажных районах, происходящую, главным образом, от неблагоприятного воздействия человека».

Это определение было принято на Конференции по окружающей среде и развитию (UNCED, Повестка дня на XXI век), состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г., на которой опустынивание было признано деградацией земель в засушливых, полувзасушливых и сухих субгумидных районах от различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека. Эти определения были согласованы в Межправительственной конвенции о борьбе с опустыниванием (ICCD, 1994).

Причины, приводящие к опустыниванию территории, с точки зрения генезиса подразделяются на антропогенные и природные. Антропогенное опустынивание обусловлено разнообразной хозяйственной деятельностью человека и в самых общих чертах может быть подразделено на прямое и косвенное воздействие. Природные предпосылки опустынивания связаны прежде всего с климатическими изменениями. Так, в настоящее время одной

из крупнейших экологических проблем является изменение глобального климата, прежде всего, с точки зрения повышения приземной температуры воздуха. Это и есть основная причина опустынивания не только на Ближнем Востоке, но и в других регионах мира.

Основными антропогенными причинами опустынивания земель в Азии вообще и на Ближнем Востоке, в частности, являются:

- 1) увеличение интенсивности выпаса;
- 2) заготовка скудной древесной растительности коренными жителями;
- 3) нерациональное использование водных ресурсов.

Среди природных факторов следует выделить частые природные засухи, которые являются естественным фоном для протекания указанных антропогенных процессов и приводят к активизации водной и ветровой эрозии, которые приводят к деградации почвенно-земельных ресурсов и, в конечном итоге, к снижению природной биологической продуктивности коренных аридных ландшафтов.

Процессам деградации почвенно-растительного покрова способствуют высокие показатели загрязнения атмосферы пылью (до 300–600 мкг/м³). Это, в свою очередь, приводит к сокращению выпадающих атмосферных осадков и усилению процессов аридизации. Частота пыльных и песчаных бурь в Азии в настоящее время увеличилась по сравнению с серединой XX в.

Деградация земель и опустынивание все больше становятся причиной экологических проблем во всем мире.

В Ираке ускоренное опустынивание происходит главным образом из-за прошлой и настоящей деятельности человека, к ней следует отнести безрассудное преобразование земель в сельскохозяйственные угодья, чрезмерный выпас скота, вырубку лесов, нерациональное использование водных ресурсов и т. д.

По данным ЮНЕП (1992), антропогенными причинами опустынивания являются чрезмерное возделывание, чрезмерный выпас скота, рубка лесов и плохое орошение, а также неудовлетворительная практика полива. Они усугубляются местными негативными показателями, такими как бедность, рост населения, а также внешними силами, такими, как протекционизм и плохо продуманная национальная политика, ограничения на импорт в развитые страны. Процесс может быть усугублен изменением климата, выражающейся в его аридизации, то есть увеличении засушливости климата в результате роста температуры воздуха, испаряемости и сокращения количества осадков. В результате возрастает дефицит влажности воздуха и снижается коэффициента увлажнения территории.

Чрезмерное расширение посевных площадей в засушливых и полузасушливых районах приводят к истощению питательных веществ в почве, в результате чего производительность сельского хозяйства уменьшается сезон за сезоном. Расширение сельскохозяйственных угодий требует сохранения и поддержания их сельскохозяйственной продуктивности, для содержания большого количества населения и устойчивого экономического развития. Однако спрос на продовольствие растет в связи быстрым увеличением численности населения. Сокращение «парового» периода и введение ирригационных мер используются для поддержания производства. С другой стороны, сельское хозяйство в течение многих лет подвергает почвы без естественного растительного покрова воздействию ветровой эрозии. Результатом является деградация почвы и развитие процессов засоления.

Опустыниванию также способствует *перевыпас*, приводящий к снижению ценности пастбищных угодий, которые составляют 70–75 % территории страны. Рост населения, рубки и выкорчевывания кормовых растений для использования в качестве топлива, вовлечение в оборот пастбищных земель на территориях с количеством осадков менее 150 мм в год, а также отсутствие регулирования распределения воды, приводит к концентрации скота в районах, которые имеют источники воды. Деградация пастбищ начинается из-за того, что скотоводы выпасают слишком много сельскохозяйственных животных на фиксированной территории.

Чрезмерный выпас скота широко признан в качестве одного из основных причин опустынивания во всем мире. Растительность страдает как от большого количества животных,

так и от вытаптывания. В частности, чрезмерный выпас привел к значительному снижению разнообразия растений, растительного покрова, высоты навеса, биомассы надземной и подземной частей растительности, а также увеличилась доля некачественных трав на пастбищах по сравнению с естественной растительностью. Переувлажненные земли чувствительны к водной эрозии и ветровой эрозии, поскольку уплотнение почв уменьшает инфильтрацию, приводя к большему стоку, а вытаптывание усиливает ветровую эрозию.

Ограждение пастбищ приводят к скученности домашних животных в местах их обеспечения водой у колодцев, что привело к серьезному локальному чрезмерному выпасу.

Скважины и колодцы также понижают уровень грунтовых вод, вызывая засоление почвы. Избыточный выпас может привести к постепенному сокращению растительного покрова и усилению ветровой эрозии и стока, которые способствуют опустыниванию. Другим следствием чрезмерного выпаса скота является уничтожение местных кормовых растений, которые затем заменяются однолетними растениями, имеющими небольшую кормовую ценность, или даже токсичными видами.

Вырубка лесов является наиболее значительным фактором, способствующим опустыниванию. Вырубка лесов связана с очисткой территории под строительство поселений или заготовку дров на топливо. Потеря древесного растительного покрова приводит к увеличению поверхностного стока, в результате чего почвенный покров становится уязвимым для ветровой и водной эрозии из-за потери корневой системы. Рост населения заставляет людей рубить еще больше лесов для целей сельского хозяйства. В настоящее время лесистость Ирака, по данным ФАО, составляет 1,8 %. Естественные леса имеются в горных районах на севере и северо-востоке (Курдистан). Они занимали площадь 1,851 млн га в 1970 году, которая сократилась до 1,5 млн га в 1978 г.

Леса подвергались активной рубке, которая в наибольшей степени затронула коренные дубовые леса в самых отдаленных частях, пастбищному давлению, а также поджогам и ущербу в результате военных операций. Это привело к усилению водной эрозии и исчезновению плодородного слоя почвы, что отрицательно сказалось на емкости хранилища плотины, эффективности орошения и увеличении затрат. Результатом опустынивания стало сокращение числа пальм в стране примерно с 30 до 9,5 миллионов из-за войн, в частности войны между Ираком и Ираном, нехватки воды и ее осолонению, болезней сельскохозяйственных животных в результате ухудшения условий их питания и содержания.

Создание армейских штабов и лагерей. Лагеря были созданы вдоль шоссе и занимали большие площади. Сельскохозяйственные земли были оставлены из-за ухудшения ситуации в области безопасности в Ираке из-за войн, которые имели место: с Ираном в 1980–1988 г., с Кувейтом в 1990–1991 гг., после чего началась блокада Ирака с 1991 г. до американской оккупации Ирака в 2003 г. В результате обширные земли были изъяты из сельскохозяйственного оборота, в том числе в районе исследования.

Влияние войн на разрушение окружающей среды. Последствия войн для окружающей среды сохраняются в течение очень длительных периодов, поскольку войны могут нанести значительный экологический ущерб почве, сельскохозяйственным угодьям, загрязняют воздух и воды, изменяют местный климат и разрушают природные ресурсы. Это все влияет на условия жизни людей, их здоровье, образ жизни и др. Воздействие на окружающую среду и внешнюю среду человека – это производство и испытание ядерного оружия, нападения с использованием оружия морским и воздушным путем, установка мин на суше и саботаж окружающей среды как тактика войны. Во время воздушной кампании 1991 г. по Ираку Соединенные Штаты использовали приблизительно 340 т урансодержащих ракет, в результате чего окружающей среде Ирака был нанесен серьезный урон в виде химического загрязнения поверхностных и подземных вод, а также почвенного покрова.

В ходе американской оккупации войска использовали танки, транспортные средства и миноискатели, которые бороздили земли Ирака. Массовые взрывы, движение военных машин и танков наносили урон озеленению и сельскохозяйственным угодьям, выкорчевывание деревьев и уплотнение почвы, приводило к образованию многочисленной пыли и песка.

Строительство дамб. Строительство плотин и водохранилищ на реках Тигр и Евфрат в Ираке, Турции и Сирии способствовало увеличению количества и качества солей, а также увеличению солености Персидского залива в Шатт-эль-Араб в результате нехватки воды и дренажа заводов и военно-промышленных объектов в реки без химической обработки. Слабость надзора и пренебрежение к охране окружающей среды приводят к отсутствию очистки городских канализационных стоков, которые стекают в реки.

Политика по борьбе с опустыниванием. Ирак присоединился к Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в 2009 г. Для борьбы с опустыниванием и осуществления мероприятий в рамках КБООН правительство Ирака приняло в 2013 г. «Закон о борьбе с опустыниванием» и утвердило Национальный план, который начал реализовываться в том же году.

Для анализа климатических элементов, влияющих на опустынивание, были использованы данные метеостанции «Васит» за 1980–2019 гг.

Как видно из данных таблицы 1, *средняя годовая температура воздуха* составляет 22,8 °С, при этом в отдельные годы максимальные ее значения могут достигать 30,6 °С, а минимальные – 15,2 °С. Средние максимальные температуры самого жаркого месяца, июля, поднимаются до 44,2 °С. Наиболее холодным месяцем является январь, когда средняя минимальная температура опускается до 4,1 °С. Как видно из представленных данных, внутрисезонная амплитуда колебания температуры воздуха составляет около 40 °С. Период активной вегетации на изучаемой территории длится в течение всего года, а термический потенциал ландшафтов весьма высок. Экстремально низкие температуры воздуха связаны здесь с потоками холодного воздуха из более высоких широт в зимнее время в связи с циклонами по Полярному фронту, которые могут приносить даже кратковременный снежный покров.

Табл. 1. Температура воздуха за период 1980–2019 гг.

Table 1. Air temperature for the period 1980–2019.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ГОД
Средняя	9,4	11,9	16,1	22,8	28,9	32,6	35,1	34,2	30,3	24,2	16,2	11,5	22,8
Максим.	15,6	18,4	23,4	30,0	36,6	41,5	44,2	43,5	40,1	33,4	23,6	17,3	30,6
Миним.	4,1	5,7	9,7	15,4	20,4	23,5	25,8	25,8	20,8	16,3	9,6	5,2	15,2

Кроме того, для континентальных климатов характерна довольно большая межсуточная амплитуда температур, что приводит к высокой интенсивности процессов физического выветривания, а также к повышению потребности сельскохозяйственных культур в воде при общей ее нехватке в данном типе климата.

Высокие температуры приводят к увеличению испарения в процессе полива сельскохозяйственных угодий, в результате чего возникает такая проблема как засоление почв. Используемый при поливе метод нагнетания воды посредством насосов не применяется в этом районе. Повышение температуры приводит к изменению давления водяного пара в почве, и в целом поток испарения влаги направлен от нижних горизонтов почвы к верхним, что приводит к накоплению солей.

Осадки имеют большое значение для ведения сельского хозяйства, если они выпадают в подходящем количестве во время орошения сельскохозяйственных культур.

Осадки в районе исследований носят дождевой характер. Основная их часть выпадает с октября по май, тогда как с июня по сентябрь их количество ничтожно мало. Количество осадков варьирует от места к месту, и из приведенных ниже данных видно, что их годовое количество составляет всего лишь 114,1 мм с максимумом в январе (26,2 мм). В октябре их количество снижается до 3,4 мм; в июле, августе и сентябре осадки отсутствуют, но в это время максимума достигает испаряемость, то есть испарение при неограниченных запасах воды или испарение с водной поверхности (табл. 2).

Табл. 2. Количество осадков, испаряемость и дефицит влажности за 1980–2019 гг. (в мм).**Table 2.** Precipitation, evaporation and humidity deficit for 1980–2019 (in mm).

Месяцы	Осадки	Испаряемость	Дефицит
Январь	26,2	68,3	-42,1
февраль	17,2	97,9	-80,7
март	17,6	176,5	-158,9
апрель	15,8	259	-243,2
май	2,9	370,9	-367
июнь	0,1	477,3	-477,2
июль	0	505,3	-505,3
августа	0	476,6	-476,6
сентябрь	0	354,6	-354,6
октябрь	3,4	232	-229,4
ноябрь	14	115,4	-101,4
декабрь	16,9	74,4	-57,5
Итого	114,1	3207,9	-3093,8

Летний максимум температур сопряжен с летним же минимум осадков, результатом чего является рост величины испаряемости до максимальных значений в июле (505,3 мм) и, соответственно, такой же большой дефицит влаги. Соотношение количества выпадающих осадков с величиной испаряемости традиционно называется коэффициентом увлажнения Иванова (1948); здесь его величина за год составляет 0,04, что приводит к формированию крайне скудной пустынной растительности.

Поскольку нехватка осадков приводит к увеличению потребности в поливной воде, регион страдает в основном от нехватки воды. Из-за того, что осадки выпадают в общей сложности 10 дней в месяц, их недостаточно для орошения.

Ветер. Район исследования, как и весь Ирак, находится под влиянием северо-восточных ветров, которые основную часть года дуют от 30-х широт в сторону экватора. Ветер усиливается при повышении температуры, достигая максимальной скорости (4 м/с) в июле и самой низкой скорости (2,4 м/с) в декабре, тогда как средняя годовая скорость составляет 3,03 м/с (Рис. 1).

Рис. 1. Месячные значения скоростей ветра (в м/с) за 1980–2019 гг.**Fig. 1.** Monthly values of wind speeds (in m/s) for 1980–2019.

Поскольку скорость ветра увеличивается с ростом температуры, это приводит к дополнительному увеличению испарения и затем высыханию поверхностного слоя. Точно так же скорость ветра влияет на уровень грунтовых вод непосредственно через процессы испарения и транспирации, что заставляет фермера увеличивать количество гумуса, необходимого сельскохозяйственным культурам в течение лета. Увеличение скорости ветра приводит к увяданию сельскохозяйственных культур, а так как поливная вода содержит соли, при непрерывном нерегулярном поливе и постоянстве высоких значений испарения, температуры и скорости ветра, соли оседают на поверхности почвы, что со временем ведет к опустыниванию сельскохозяйственных угодий. Ветер является одним из основных факторов транспортировки солей с пыльными бурями, что приводит к образованию засоленных почв, хотя такая ситуация не типична в центре южного Ирака.

Таким образом, осадки являются главным фактором, сдерживающим не только формирование сомкнутого растительного покрова, но и оказывающим прямое влияние на развитии сельского хозяйства. Оно возможно только при орошении, для чего используется вода р. Тигр. Полная зависимость от ирригации имеет свои специфические проблемы. В целом климат в Эль-Нуумании является жарким и сухим.

Как показывают исследования глобального климата, температура на планете повышается, однако темпы повышения отличаются в разных регионах. Особенностью климатических изменений в изучаемом районе является повышение изменчивости температуры воздуха в холодное время года, приводящее к учащению прорывов холодного воздуха, который приносит резкое кратковременное понижение температуры воздуха и, иногда, выпадение осадков в виде снега, что нетипично для данного климатического пояса.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЬ-НУУМАНИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Процесс картографирования земель Эль-Нуумании на основе данных дистанционного зондирования Земли можно разделить на несколько этапов.

Первичные данные имеются на сайте Геологической службы США (<https://www.usgs.gov/>). Для их отбора используется инструмент глобальной визуализации USGS (Global Visualization Viewer), который позволяет выбрать снимки на интересующую территорию и дату. При отборе снимков мы исходили из того, что в данных климатических условиях наиболее информативны снимки территории в марте-апреле, т.к. в это время отмечается близкое к оптимальному сочетание температур и осадков, что приводит к наилучшему развитию растительности. В следующие месяцы осадки сокращаются, а температуры повышаются, что приводит к угнетению естественной растительности.

Далее полученные данные подвергаются процедуре атмосферной и геометрической коррекции в программном комплексе ENVI 5.3, которая улучшает их первичные свойства и позволяет перейти к дешифрированию. Последнее выполнялось на основе таких известных спектральных индексов, как NDVI и SAVI [Черепанов, Дружинина, 2011], позволяющих наиболее точно выделить участки с разным характером почвенно-растительного покрова. Вычисление этих индексов также осуществлялось при помощи ENVI.

После создания растров, отражающих спектральные/вегетационные индексы, их обработку удобно производить в программе ArcGIS (модуль ArcMap). Здесь окончательно определяется изучаемая территории (посредством создания маски), а также проводится классификация растров, которая позволяет наиболее точно выделить такие категории объектов, как водные поверхности (аквальные комплексы), участки природных пустынь (пустынные), земли, подверженные засолению (засоленные) и земли собственно сельскохозяйственных угодий. Классификация проводилась как для NDVI, так и SAVI. Это связано с тем, что, например, пустынные участки точнее определяются посредством SAVI, тогда как участки с наиболее густой растительностью, соответствующие землям сельскохозяйственного назначения, – NDVI. Поэтому итогом данного этапа является векторизация отклассифицированных растров, дальнейшая обработка которых осуществляется при помощи программы MapInfo.

Программа MapInfo позволяет подгрузить исходный растр в естественных цветах, создать тематические слои на основе спектральных индексов NDVI и SAVI, проанализировать, насколько точно эти индексы позволили выделить указанные категории природных и антропогенных ландшафтов и окончательно сформировать векторный слой, наиболее адекватно их отражающий.

На заключительном этапе посредством тематического картографирования создана и оформлена итоговая карта, отражающая пространственное размещение природных и антропогенных объектов на территории Эль-Нуумани по состоянию на 2019 г. (Рис. 2).

Рис. 2. Пространственное размещение природных и антропогенных объектов на территории Эль-Нуумани в 2019 г.
Fig. 2. Spatial placement of natural and anthropogenic objects on the territory El-Nuumania in 2019.

Среди природных ландшафтов наиболее широко представлены участки континентальных пустынь (Рис. 3), площадь которых составляет 397,2 км² (37 %). В целом, по сравнению с началом XXI в., она несколько сократилась, несмотря на то, что современные климатические условия, как отмечалось выше, способствуют опустыниванию. Это связано с тем, что ввиду постепенной стабилизации политической обстановки несколько улучшается ситуация с деградацией земель. Косвенно это подтверждается тем, что для вовлечения земель в сельскохозяйственный оборот в значительной степени восстановлены многие ирригационные системы, пострадавшие от военных действий. Вовлечение их в оборот позволило увеличить площадь сельскохозяйственных земель до 29 % и несколько сократить площадь засоленных земель. Еще одним интересным фактом является то, что опустынивание начинается на тех землях, которые были подвержены антропогенному воздействию.

Рис. 3. Распределение площадей природных и антропогенных ландшафтов на территории Эль-Нуумани в 2019 г.
Fig. 3. Distribution of areas of natural and anthropogenic landscapes in the territory of Al-Nuumania in 2019.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить современные климатические тенденции на изучаемой территории, а именно: под влиянием глобальных процессов, выражающихся в повышении температуры воздуха, здесь в 1980–2019 гг. отмечается усиление континентальности климата, которое проявляется в увеличении амплитуды колебания температуры воздуха, особенно в холодное время года. Климатическое опустынивание накладывается на стабилизацию экономической обстановки в последние десятилетия, в связи с чем восстанавливаются системы ирригации и в сельскохозяйственный оборот вовлекаются новые земли. Негативной стороной этого процесса является засоление почв.

Анализ пространственного размещения этих категорий земель в условиях аридного климата удобно проводить на основе данных дистанционного зондирования Земли, которое позволяет довольно точно выделять и картографировать указанные объекты на основе комбинирования спектральных/вегетационных индексов (NDVI и SAVI).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформационный портал ГИС-ассоциации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gisa.ru/po.html> (дата обращения 13.03.2018)
2. Сайт геологической службы [Электронный ресурс] США. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 07.03.2018)
3. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Вегетационные индексы // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98–102.

UDC 528.44

CURRENT STATE OF THE LANDS OF AL-NUUMANIYAH (WASIT GOVERNORATE, IRAQ) ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

Latif Latif

Master's degree (Iraq)

*Moscow State University of Geodesy and Cartography
105064, Moscow, Gorokhovskiy Lane, 4.*

Vitaly V. Bratkov

*Head of the Department of Geography, Doctor of Geographical Sciences
Moscow State University of Geodesy and Cartography
105064, Moscow, Gorokhovskiy Lane, 4.*

Abstract

Today, humanity faces a number of problems caused by both natural and anthropogenic factors. One of them is the problem of preserving biological and landscape diversity, which is related to human economic activity, and great efforts are being made to solve it.

As in many parts of the world, Iraq has territories that are indicators of regional indicators of current global processes. Currently, there are about 300 contaminated sites on the lands of Iraq, where the degradation of the soil cover has already begun. In the most dangerous areas, the excess of such dangerous elements as uranium, mercury, chlorine, chromium, sulfur, phenol and cyanides was found several times. As a result, these lands have become unsuitable for the restoration of natural vegetation and involvement in agricultural turnover.

Wasit Governorate, located in the eastern part of Iraq and covering an area of about 1,080 km², is one such area that is heavily affected by human activity in Iraq. Its territory, due to natural factors, is under the constant influence of wind erosion, which is accompanied by changes in the physical and chemical properties of the soil, as well as other negative effects. For example, frequent dust storms form the topography of sand dunes and are one of the main and prominent geomorphological forms in the study area. At the same time, their area is constantly increasing, which leads to the expansion of desert areas.

The purpose of the study is the mapping of contemporary land use El Noumenia (governorates Wasit, Iraq) using remote sensing data of the Earth. The object of the study is the land of the vicinity of El Nuumaniya, which is under the influence of natural and anthropogenic processes. Research methods: remote sensing data of the Earth (Landsat), reflecting the state of the area in 2019; meteorological observations of climatic changes. Statistical methods were used to process meteorological observations. Remote sensing data was processed using ENVI 5.3, ArcGIS and MapInfo Professional packages. Conclusions: the problem of desertification in the study area is complicated by the continuation of climatic desertification, caused, among other things, by the increase in global temperature, and, on the other hand, by the unstable economic situation in the country over the past few decades. In general, the problem of desertification remains unresolved, despite the stabilization of the military-political situation. It is convenient to analyze the spatial distribution of different categories of land in arid climates by remote sensing data, which allows fairly accurate identification and mapping of natural and anthropogenic objects based on a combination of spectral / vegetation indices (NDVI and SAVI).

Keywords: *desertification, remote land zoning, land mapping.*

REFERENCES

1. Geoinformation portal of GIS-association. URL: <http://www.gisa.ru/po.html> (accessed 13.03.2018)
2. Website of the Geological Survey USA. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 07.03.2018)
3. Cherepanov A.S., Druzhinina E.G. Vegetative indices // Geomatics. 2011. No. 2. C. 98–102.

УДК 528.44

О НЕКОТОРЫХ ВАЖНЫХ АСПЕКТАХ ВЫПОЛНЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Аврунев Евгений Ильич

*Кандидат технических наук, профессор кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. +7(913)-901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru*

Гиниятов Ильгиз Ахатович

*Кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10. Тел. + 7(952)-905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрена процедура выполнения кадастровых работ и, в частности, комплексных кадастровых работ. При этом рассмотрены: понятие кадастровых работ, основные цели их выполнения и конкретные объекты недвижимости, в отношении которых они выполняются.

Отмечено, что на сегодняшний день реализация кадастровых работ весьма затруднена целым рядом причин, обусловленных наложением и пересечением границ земельных участков, стоящих на государственном кадастровом учете, и вновь образуемых земельных участков. Обозначены основные проблемы, приводящие к этим негативным моментам. Это изменения систем координат, в которых осуществляется ведение Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН); недопустимые ошибки исходного геодезического обоснования, от которого зависит точность определения координат характерных точек границ земельных участков; большое количество реестровых ошибок, содержащихся в материалах ЕГРН, в отношении границ земельных участков, поставленных на государственный кадастровый учет; наличие ранее учтенных земельных участков, сведения о которых, содержащиеся в ЕГРН, не соответствуют требованиям к описанию местоположения их границ, установленным действующим федеральным законодательством; грубые ошибки, допускаемые кадастровыми инженерами при координировании границ вновь образуемых земельных участков, обусловленные несовершенством земельного законодательства, в котором отсутствуют требования к выполнению работ по контролю определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства.

В работе отмечены важные, по мнению авторов, аспекты выполнения кадастровых работ, которые могут существенным образом сказаться на качестве конечных результатов и их дальнейшем использовании. Все они связаны непосредственно с выполнением кадастровых работ. Это: определение координат характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства на земельном участке; контроль и оценка качества полученных результатов; поиск и исправление реестровых ошибок.

Ключевые слова: *кадастровые работы, характерная точка, точность определения координат, контроль, реестровая ошибка.*

ВВЕДЕНИЕ

Действующее законодательство Российской Федерации в сфере земельно-имущественных отношений регламентирует выполнение кадастровых работ в отношении объектов недвижимости, подлежащих постановке на государственный кадастровый учет (ГКУ). Кадастровые работы представляют собой работы в отношении объектов недвижимости, в результате выполнения которых осуществляется подготовка документов, содержащих необходимые сведения о таких объектах недвижимости для их постановки на ГКУ. Объектом кадастровых работ выступают земельные участки, здания, сооружения, помещения, объекты незавершенного строительства, части земельных участков, зданий, сооружений, помещений и другие объекты недвижимости, подлежащие кадастровому учету в соответствии с федеральным законом.

Частным случаем кадастровых работ являются комплексные кадастровые работы, принципиальным отличием которых является то, что работы выполняются одновременно

в отношении всех объектов недвижимости, располагающихся на территории одного, либо нескольких смежных кадастровых кварталов. В качестве таковых объектов недвижимости могут выступать:

- земельные участки, сведения о которых, содержащиеся в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН), не соответствуют требованиям к описанию местоположения их границ, установленным федеральным законом [Федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ];

- земельные участки, образование которых предусмотрено проектами межевания территорий и проектной документацией лесных участков, утвержденными в порядке, установленном градостроительным [Федеральный закон от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ], лесным [Лесной кодекс ..., 2006] и земельным законодательством [Федеральный закон от 24.07.2002 № 101-ФЗ];

- здания, сооружения (исключая линейные объекты) и объекты незавершенного строительства, сведения о которых содержатся в ЕГРН.

Выполнение комплексных кадастровых работ преследует несколько целей. Во-первых, должно быть уточнено местоположение границ земельных участков, расположенных в границах территории выполнения работ. Во-вторых, должно быть установлено либо уточнено местоположение зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства на этих земельных участках. В-третьих, должно быть обеспечено образование земельных участков общего пользования и земельных участков, на которых располагаются здания, в том числе многоквартирные дома, и сооружения, исключая линейные объекты. В-четвертых, должно быть обеспечено исправление реестровых ошибок в сведениях о местоположении границ объектов недвижимости.

Выполнение кадастровых работ осуществляется в соответствии с требованиями федерального закона. Однако следует отметить, что на сегодняшний день их реализация весьма затруднена целым рядом причин, обусловленных наложением и пересечением границ земельных участков, уже стоящих на ГКУ, и вновь образуемых земельных участков.

Обозначим несколько основных, по нашему мнению, проблем, приводящих к этим негативным моментам:

- изменения систем координат, в которых осуществляется ведение ЕГРН;
- недопустимые ошибки исходного геодезического обоснования, от которого зависит точность определения координат характерных точек границ земельных участков;
- большое количество реестровых ошибок, содержащихся в материалах ЕГРН, в отношении границ земельных участков, поставленных на ГКУ;
- наличие ранее учтенных земельных участков, сведения о которых, содержащиеся в ЕГРН, не соответствуют требованиям к описанию местоположения их границ, установленным федеральным законом;
- грубые ошибки, допускаемые кадастровыми инженерами при координировании границ вновь образуемых земельных участков, обусловленные несовершенством земельного законодательства, в котором отсутствуют необходимые требования к выполнению работ по контролю определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства.

Все это, в конечном итоге, вызывает целый ряд вопросов, касающихся процедуры выполнения кадастровых работ, которые будут рассмотрены далее.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая порядок выполнения кадастровых работ, регламентируемый федеральным законом, непосредственно процедуру их выполнения можно представить в виде следующей технологической схемы, показанной на рисунке 1.

Хотелось бы отметить, что, в целом, процедура выполнения кадастровых работ как совокупность отдельных технологических операций, не вызывает никаких нареканий. Однако считаем необходимым отметить несколько важных, на наш взгляд, аспектов выполнения работ, которые могут существенным образом сказаться на качестве конечных результатов и их дальнейшем использовании. Все они связаны непосредственно с выполнением кадастровых работ, а именно:

- с определением координат характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства на земельном участке;
- с контролем и оценкой качества полученных результатов;
- с поиском и исправлением реестровых ошибок.

На сегодняшний день координаты характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства принято определять с той же точностью, что и координаты характерных точек границ земельного участка, на котором они расположены [Приказ..., 2016]. И это не зависит от расположения конструктивных элементов объекта капитального строительства относительно поверхности земельного участка: расположены они на его поверхности, либо они являются подземными конструктивными элементами. Во втором случае, естественно, должна быть обеспечена возможность их прямой видимости во время выполнения работ.

Здесь, по нашему мнению, необходимо внести принципиальные коррективы в процедуру определения координат характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства, касающиеся их точности.

Рис. 1. Технологическая схема выполнения кадастровых работ.

Fig. 1. Technological scheme of implementation of the cadastral works.

Объекты капитального строительства, как известно, обладают гораздо большей вероятностью сохранности по сравнению с межевыми знаками, закрепляющими на местности границы земельных участков. Все это дает возможность их дальнейшего использования для восстановления границ земельных участков в случае их утраты и для использования их в качестве исходных пунктов для выполнения разного рода топографо-геодезических работ.

Но для этого необходимо, чтобы их координаты в результате выполнения кадастровых работ определялись с более высокой точностью, чем регламентирует действующая в настоящее время нормативная база [Инструкция ..., 2019]. Основываясь на результатах исследований, выполненных в работе [Метелева, 2019], можно говорить о том, что точность определения местоположения характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства на земельном участке не должна превышать величины $m = 7,5$ см, что дает возможность при построении трехступенчатого геодезического обоснования добиться нормативно установленной точности восстановления утраченных характерных точек границ земельных участков для земель населенных пунктов $m = 10$ см. При этом в условиях изменения системы координат нормативная точность и местоположение утраченной границы будет обеспечено.

Следующий аспект, на который хотелось бы обратить внимание, связан с контролем и оценкой качества полученных результатов кадастровых работ. Анализ современной практики кадастровой деятельности в России позволяет утверждать, что за последние двадцать лет произошли существенные изменения в умонастроениях тех людей, от которых напрямую зависит результат кадастровых работ, включая непосредственных исполнителей работ (кадастровых инженеров) и законодателей, разрабатывающих и утверждающих нормативно-правовую базу исполнения кадастровых работ. К чему же они привели?

Однозначный ответ на этот вопрос дать весьма затруднительно, однако можно отметить заметное снижение ответственности за выполнение своей работы и тех и других, что не преминуло сказаться на конечном результате выполнения кадастровых работ и, в частности, комплексных кадастровых работ. Как следствие, мы имеем практически полное отсутствие контроля со стороны кадастровых инженеров за результатами полевых геодезических измерений, выполняемых при определении координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства. И это в некотором смысле вполне объяснимо. Во-первых, инструментальный парк, используемый в настоящее время при выполнении кадастровых работ, обладает всеми необходимыми точностными характеристиками, позволяющими достигать требуемой точности результатов измерений. Однако при этом часто забывают, что от инструментальных ошибок разного рода никто не застрахован. Во-вторых, что более существенно, основной нормативный документ, который регламентирует требования к точности и методам определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства, не содержит каких-либо требований осуществления контроля полевых измерений при определении координат характерных точек. Хотя каких-то 15–20 лет назад, когда основным документом, регламентирующим порядок проведения межевания земель, была инструкция по межеванию земель [Инструкция..., 2016], которую и по сей день никто не отменял, кадастровые инженеры были обязаны соблюдать нормативные допуски, содержащиеся в ней, а в самой инструкции был предусмотрен целый раздел, который назывался «Контроль и приемка материалов межевания земель производителем работ». Считаем необходимым напомнить здесь о существовании достаточно широко известных критериев, которые должны использоваться для контроля полевых измерений [Маслов и др., 1990]:

Прежде всего, отметим критерий ΔS , представляющий собой разность измеренного расстояния между характерными точками границы земельного участка и его же значения, полученного по координатам тех же характерных точек из решения обратной геодезической задачи:

$$L_{\text{изм}} - S_{\text{коорд}} = L_{\text{изм}} - \sqrt{(X_I - X_J)^2 + (Y_I - Y_J)^2} \leq \Delta S.$$

При этом необходимо подчеркнуть, что данный критерий позволяет осуществлять контроль не только определения местоположения характерных точек границы вновь образованного земельного участка, но и контроль качества кадастровых работ, выполненных ранее в отношении земельных участков смежных с вновь образованным.

Контроль измерений может осуществляться и с использованием критерия Δf – расхождения координат контролируемых точек:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_Y^2} = \sqrt{(X_K - X_{ЕГРН})^2 + (Y_K - Y_{ЕГРН})^2} \leq \Delta f,$$

где: X_K , Y_K , $X_{ЕГРН}$, $Y_{ЕГРН}$ – координаты контролируемой точки вновь определенные и содержащиеся в ЕГРН, соответственно.

Таким образом, нетрудно заметить, что постоянное совершенствование нормативно-правовой базы выполнения кадастровых работ, начиная с Инструкции по межеванию земель и завершившееся к настоящему времени приказом Министерства экономического развития РФ об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, привело к тому, что само понятие контроля результатов измерений просто исчезло из нормативных актов, которые такой процедуры не предусматривают вовсе. Исходя из всего вышесказанного, считаем необходимым вернуть в практику кадастровых работ полевые и камеральные контроли определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства, что, несомненно, повысит качество выполняемых работ.

И последний аспект, который хотелось бы выделить, посвящен выявлению и исправлению реестровых ошибок, которые довольно часто встречаются при выполнении кадастровых работ и, в частности, при выполнении кадастровых работ в отношении ранее учтенных земельных участков.

Выявление наличия реестровых ошибок, на наш взгляд, может быть основано на следующих соображениях. Предположим, что были выполнены кадастровые работы в отношении земельного участка четырехугольной формы.

Поиск реестровых ошибок основывается на выполнении геометрического условия, заключающегося в том, что сумма векторов замкнутой геометрической фигуры должна быть равна нулю. Тогда для земельного участка, изображенного на рисунке 2, данное условие будет выглядеть в виде уравнений (1).

$$\begin{aligned} \overrightarrow{a_{1-2}} \cdot \cos \alpha_{1-2} + \overrightarrow{a_{2-3}} \cdot \cos \alpha_{2-3} + \overrightarrow{a_{3-4}} \cdot \cos \alpha_{3-4} + \overrightarrow{a_{4-1}} \cdot \cos \alpha_{4-1} &= W_X \\ \overrightarrow{a_{1-2}} \cdot \sin \alpha_{1-2} + \overrightarrow{a_{2-3}} \cdot \sin \alpha_{2-3} + \overrightarrow{a_{3-4}} \cdot \sin \alpha_{3-4} + \overrightarrow{a_{4-1}} \cdot \sin \alpha_{4-1} &= W_Y \\ W &= \sqrt{W_X^2 + W_Y^2} \end{aligned} \quad (1)$$

При выполнении условия (2) можно считать, что вектора a_{i-j} будут свободны от реестровых ошибок и тогда их можно использовать для дальнейших вычислений.

$$W \leq t \cdot \sqrt{n} \cdot m_{\text{норм}}, \quad (2)$$

где: t – статистический коэффициент, зависящий от доверительной вероятности β перехода от средней квадратической ошибки параметра к его предельному значению (при принятии гипотезы $\beta = 95\%$ – $t = 2$; $\beta = 99\%$ – $t = 2,5$, $\beta = 99,73\%$ – $t = 3$); n – число векторов, образующих замкнутую геометрическую фигуру; $m_{\text{норм}}$ – нормативная величина средней квадратической ошибки определения местоположения характерных точек границ земельных участков в зависимости от категории земель и их разрешенного использования.

ВЫВОДЫ

Таким образом, мы рассмотрели несколько важных с нашей точки зрения аспектов выполнения кадастровых работ в отношении земельных участков, зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства, которые в случае их реализации позволят повысить качество кадастровых работ. Все они связаны непосредственно с выполнением кадастровых работ: 1 – с определением координат характерных точек контуров зданий, соору-

жений и объектов незавершенного строительства на земельном участке; 2 – с контролем и оценкой качества полученных результатов кадастровых работ; 3 – с поиском и исправлением реестровых ошибок. Предлагается:

1 – осуществлять определение координат характерных точек контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства с более высокой точностью, чем точность определения координат характерных точек границ земельных участков. По нашему мнению, это должна быть величина $m \leq 7,5$ см.

2 – считаем необходимым вернуть в практику кадастровых работ полевые и камеральные контроли определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства.

3 – конкретный способ выявления реестровых ошибок, которые могут иметь место при выполнении кадастровых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (с изм. и доп. вступ. в силу с 01.11.2019) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения 30.11.2019).
2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/. (дата обращения 30.11.2019).
3. Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Недра, 1990. – 215 с.
4. Инструкция по межеванию земель (утв. Роскомземом 08.04.1996). [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_26551/ (дата обращения 30.11.19)
5. Метелева М. В. Разработка и исследование методики координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальных образованиях: автореф. дисс. ... канд. техн. наук // Авторефераты и диссертации о природе и Земле в научной библиотеке Earthpapers [Электронный ресурс] – URL: <http://earthpapers.net/razrabotka-i-issledovanie-metodiki-koordinatno-obespecheniya-kadastrovoy-deyatelnosti-v-territorialnyh-obrazovaniyah> (дата обращения 30.11.19).
6. Приказ Министерства экономического развития РФ от 1 марта 2016 г. № 90 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения». [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196699/ (дата обращения 30.11.19).
7. Федеральный закон от 24.07.2002 № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37816/. (дата обращения 30.11.2019).
8. Федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/ (дата обращения 30.11.2019).
9. Федеральный закон от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/ (дата обращения 30.11.2019).

UDC 528.44

ABOUT SOME IMPORTANT ASPECTS OF PERFORMANCE OF CADASTRAL WORKS

Yevgeny I. Avrunev

*Ph.D., Professor of The Department of Inventory and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technology
630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel: +7 (913)-901-32-66, e-mail: avrynev_ei@ngs.ru*

Ilgiz A. Giniyatov

*Ph.D., Professor of The Department of Inventory and Territorial Planning
Siberian State University of Geosystems and Technology
630108, Russia, Novosibirsk, Plakhotnogo str., 10. Tel: +7 (952)-905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru*

Abstract

The article considers the procedure of cadastral works and, in particular, complex cadastral works. Under consideration: the concept of cadastral works, the main objectives of their implementation and the specific real estate in respect of which they are performed.

It is noted that today the implementation of cadastral works is very difficult for a number of reasons due to the imposition and crossing of boundaries of land plots standing on the state cadastral register and newly formed land plots. The main problems leading to these negative moments are outlined. These are changes in coordinate systems in which the Unified state register of real estate (USRRE) is maintained; unacceptable errors of the original geodetic justification, which determines the accuracy of the coordinates of the characteristic points of the boundaries of land; a large number of registry errors contained in the materials of the USRN concerning the boundaries of land plots put on state cadastral registration; availability of previously registered land plots, information about which contained in the USRRE does not meet the requirements for the description of the location of their borders, established by Federal legislation; gross errors made by cadastral engineers in coordinating the boundaries of newly formed land due to the imperfection of land legislation.

The paper notes important, according to the authors, aspects of cadastral works, which can significantly affect the quality of the final results and their further use. All of them are directly related to the implementation of cadastral works. It: determination of coordinates of characteristic points of contours of buildings, constructions and objects of incomplete construction on the land plot; control and evaluation of the quality of the results; search and correction of registry errors.

Keywords: *cadastral works, the characteristic point, the positioning accuracy, control, registry error.*

REFERENCES

1. Federal Law No. 101-FZ of 24.07.2002 "On the turnover of agricultural land". Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37816/. (accessed 30.11.2019).
2. Federal Law No. 221-FZ of 24.07.2007 «On Cadastral Activity». Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088
3. Federal Law No. 218-FZ of 13.07.2015 «On State Registration of Real Estate». Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/. (accessed 30.11.2019).
4. Forest Code of the Russian Federation No. 200-FZ of 04.12.2006 (as amended on 27.12.2018). Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/. (accessed 30.11.2019).
5. Instructions for land surveying (approved by Roskomzem on 08.04.1996). Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_26551/. (accessed 30.11.19)
6. Maslov A.V., Yunusov A.G., Gorokhov G.I. Geodetic works in land management: Textbook for universities. 2nd ed., reprint. Moscow: Nedra, 1990. 215 p.
7. Meteleva M.V. Development and research of methods of coordinate support of cadastral activity in territorial formations. The author's abstract Diss. for the degree of Candidate of Technical Sciences. Electronic resource: <http://earthpapers.net/razrabotka-i-issledovanie-metodiki-koordinatnogo-obespecheniya-kadastrovoy-deyatelnosti-v-territorialnyh-obrazovaniyah> (accessed 30.11.19).
8. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation No. 90 dated March 1, 2016 «On approval of requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the boundaries of a Land plot, requirements for accuracy and methods for determining the coordinates of characteristic points of the Contour of a Building, Structure or Object under Construction on a Land plot, as well as requirements for Determining the Area of a Building, Structure and Premises». Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196699/. (accessed 30.11.19).
9. Urban Planning Code of the Russian Federation No. 190-FZ of 29.12.2004 (with amendments and additions). introduction. effective from 01.11.2019). Electronic resource: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/.

УДК 550.34

МОДЕЛЬ ОЧАГА УГЛЕГОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 4(5) АВГУСТА 2000 ГОДА

Полец Анастасия Юрьевна

Кандидат физико-математических наук

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

630022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б. Тел. 8(424) 279-15-17, e-mail: polec84@mail.ru

Аннотация

В работе представлены результаты моделирования очага Углегорского землетрясения 4(5) августа 2000 г. Моделирование проводилось на основе данных мировой сети сейсмических станций GSN методом инверсии волновых форм. Выполненные исследования позволили изучить особенности развития фронта разрушений и амплитуды смещений вдоль очаговой плоскости Углегорского землетрясения.

Ключевые слова: *Углегорское землетрясение, о. Сахалин, телесеismicические объемные волны.*

4 (5) августа 2000 г. на о. Сахалин под Западно-Сахалинским горным хребтом, между городами Макаров и Углегорск, произошло сильное землетрясение с моментной магнитудой M_w 6.8, впоследствии получившее название Углегорское (Углегорско-Айнское) землетрясение [1–4, 6]. Углегорское землетрясение вызвало рой афтершоков, его макросейсмические проявления наблюдались на всей территории Сахалина и частично на восточном побережье Хабаровского края.

Достаточно сильные землетрясения происходили в исследуемом районе и ранее [3], однако землетрясение 4(5) августа 2000 г. локализовано значительно южнее всех предшествующих событий.

Структурно-тектоническую позицию Углегорского землетрясения определяют три орографических элемента: Западно-Сахалинские горы (представленные Камышевым хребтом), Углегорско-Айнское плато вблизи западной границы Камышевого хребта и Ломанонский вулканический массив, отделенный от плато одной из главных ветвей Западно-Сахалинского разлома [3].

На сегодняшний день Углегорское землетрясение 2000 г. является вторым землетрясением (после разрушительного Нефтегорского землетрясения 27 (28).05.1995 г., M_w 7.1), которое сопровождалось разрывами земной поверхности. Близ горы Краснова были обнаружены сейсморазрывы в двух районах, отстоящих друг от друга примерно на 5 км [1]. Обнаруженные сейсморазрывы (впоследствии названные Айнским сейсморазрывом) резко отличаются морфокинематическими характеристиками и величиной подвижек, пространственно они тяготеют к линии Западно-Сахалинского разлома.

Подвижка в очаге Углегорского землетрясения произошла под действием близгоризонтальных сжимающих напряжений, ориентированных субширотно. Тип движения в очаге – взброс по обеим субмеридионально ориентированным нодальным плоскостям.

Для построения геодинамической модели очага Углегорского землетрясения 4(5) августа 2000 г. ($M_w=6.8$) был применен метод инверсии волновых форм [5]. Метод позволяет рассчитывать синтетические сейсмограммы для текущей модели очага и сравнивать их с наблюдаемыми волновыми формами. Решение обратной задачи заключается в сравнении наблюдаемых и расчетных волновых форм до тех пор, пока не будет получено наилучшее их соответствие. Моделирование очага проводилось на основе широкополосных телесеismicических записей объемных волн 67 станций мировой сети GSN [7]. Использовались записи только Р-волн, зарегистрированные в диапазоне эпицентральных расстояний (Δ) от 20–100°, на вертикальных каналах ВНЗ. Записи, существенно отличающиеся по амплитуде и форме колебаний от группы других, зарегистрированных на близкорасположенных станциях, исключались из рассмотрения.

Результаты моделирования подвижки для двух нодальных плоскостей характеризуются одинаковыми отклонениями между реальными и синтетическими волновыми формами. Полученные модели очага для двух плоскостей показаны на рис. 1.

Расчет производился на сетке размерами 10×5 узлов (по простиранию и по падению соответственно), с шагом сетки 8 км. Стрелками показаны направления подвижек, цвет отражает величину подвижки.

Рис. 1. Развитие фронта разрушения и амплитуды смещения вдоль очаговой плоскости землетрясения 4 (5).08.2000 г. ($M_w = 6.8$): а – плоскость STK 328 DP 36 RAKE 60; б – плоскость STK 183 DP 60 RAKE 110.

Fig. 1. Development of the fracture front and displacement amplitude along the focal plane of the 4 (5).08.2000 earthquake ($M_w = 6.8$): а – plane STK 328 DP 36 RAKE 60; б – plane STK 183 DP 60 RAKE 110.

Для обеих плоскостей рассчитаны средние параметры. Так, для плоскости STK 328 DP 36 RAKE 60 средняя величина смещения составила около 2 м (максимальная величина смещения около 4 м), длительность вспарывания – около $T = 28$ с, величина сейсмического момента – $M_0 = 3.1 \times 10^{19}$ Дж ($M_w = 6.93$). Временная функция в очаге имеет ярко выраженный пик на 8-ой и 12 секундах. Для плоскости STK 183 DP 60 RAKE 110 средняя величина смещения составила около 3 м (максимальная величина смещения – 5 м), длительность вспарывания – около $T = 28$ с, величина сейсмического момента – $M_0 = 3.6 \times 10^{19}$ Дж ($M_w = 6.97$). Временная функция в очаге также имеет ярко выраженный пик на 8-ой секунде.

Выполненные методом инверсии волновых форм исследования позволили смоделировать развитие сейсмического процесса на примере очаговой зоны Углегорского землетрясения 4 (5) августа 2000 г., изучить особенности развития фронта разрушений и амплитуды смещений. Полученная методом инверсии дислокационная модель очага Углегорского землетрясения хорошо согласуется с поверхностными проявлениями разрыва по данным полевой геологии и результатами геодезической инверсии.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Правительства Сахалинской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предварительная оценка последствий Углегорского землетрясения 4(5) августа 2000 года на Сахалине / Г.Л. Кофф, Р.Ф. Булгаков, А.И. Иващенко и др. – Петропавловск-Камчатский: Оперативная Полиграфия, 2000. 66 с.
2. Землетрясение 4 (5) августа 2000 г. на Сахалине / А.И. Иващенко, Р.Ф. Булгаков, Ким Чун Ун и др. // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений: I Российско-Японский семинар, Хабаровск, 26–29 сентября, 2000. – Хабаровск, 2001. – С. 109–125.
3. Углегорско-Айное землетрясение 4 августа 2000 года с $M_L = 7.0$, $M_0 = 8-9$ (Сахалин) / Л.Н. Поплавская, Т.В. Нагорных, Т.А. Фокина и др. // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск, 2006. – С. 265–284.
4. Прытков А.С., Василенко Н.Ф. Дислокационная модель очага Углегорского землетрясения 4 (5).08.2000 г. // Тихоокеанская геология. – 2006. – Т. 25, № 6. – С. 115–122.
5. Kikuchi M., Kanamori H., Satake K. Source complexity of the 1988 Armenian earthquake: Evidence for a slow after-slip event // J. Geophys. Res. – 1993. – Vol. 98. – P. 15797–15808.
6. Kogan M.G., Burgmann R., Vasilenko N.F. and others. The 2000 Mw 6.8 Uglegorsk earthquake and regional plate boundary deformation of Sakhalin from geodetic data // Geophys. Res. Let. – 2003. – Vol. 30, № 3. – P. 1102.
7. Incorporated Research Institutions of Seismology (IRIS) [Electronic resours] // GSN. – URL: <http://www.iris.edu/>.

UDC 550.34

SOURCE MODEL OF THE 4 (5) AUGUST 2000 UGLEGORSK EARTHQUAKE

Anastasia Yu. Polets

*Candidate of physical and mathematical Sciences**Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS**630022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki St., 1B. Tel: 8 (4242) 79-15-17, e-mail: polec84@mail.ru***Abstract**

The results of waveform inversion for the August 4 (5), 2000 Uglegorsk earthquake are presented in this study. The inversion made on basis of broadband waveform data from the global seismic network (GSN). Source slip distribution data be analyzed.

Keywords: *Uglegorsk earthquake, Sakhalin Island, Teleseismic body waves.*

REFERENCES

1. Koff G.L., Bulgakov R.F., Ivashchenko A.I., etc. Preliminary assessment of the consequences of the Uglegorsk earthquake on August 4 (5), 2000 on Sakhalin. Petropavlovsk-Kamchatsky: Operational Printing. 2000. 66 p.
2. Ivashchenko A.I., Bulgakov R.F., Kim Chun UN and others. Earthquake on August 4 (5), 2000 on Sakhalin // Problems of geodynamics and earthquake prediction: I Russian-Japanese seminar, Khabarovsk, September 26–29, 2000. Khabarovsk, 2001. Pp. 109–125.
3. Poplavskaya L.N., Nagornyykh T.V., Fokina T.A. and others. Uglegorsk-Ainu earthquake on August 4, 2000 with $M_L = 7.0$, values $m_0 = 8-9$ (Sakhalin). Earthquakes of Northern Eurasia in 2000. 2006. Pp. 265–284.
4. Prytkov A. S., Vasilenko N. F. Dislocation model of the Uglegorsk earthquake source 4 (5).08. 2000. Pacific Geology, 2006. Vol. 25, No. 6. Pp. 115–122.
5. Kikuchi M., Kanamori H., Satake K. Complexity of the source of the Armenian earthquake of 1988: evidence of a slow post-slip event // J. Geophys. Res. 1993. Vol. 98. P. 15797–15808.
6. Kogan M.G., Burgman R., Vasilenko N.F., etc. Uglegorsk earthquake 2000 MW 6,8 and deformation of the boundaries of regional plates of Sakhalin according to geodetic data. Geophys. Res. Let. 2003. V. 30, no. 3. 1102.
7. Incorporated Research Institutions of Seismology (IRIS) [Electronic resours] // GOS. – URL: <http://www.iris.edu/>.

УДК 550.24

ПОЛЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ГЛУБИНАХ ЮЖНОГО ФЛАНГА КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ СЕЙСМОФОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Сафонов Дмитрий Александрович

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник лаборатории сейсмологии
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки 16. E-mail: d.safonov@imgg.ru.

Аннотация

С использованием метода катакластического анализа Ю.Л. Ребецкого было реконструировано поле тектонических напряжений в зоне промежуточных глубин на южном фланге Курило-Камчатской сейсмофокальной системы отдельно вдоль верхнего и нижнего слоев. Использованы данные NIED и GCMT. Подтверждено преобладание напряжений сжатия вдоль слэба в верхнем слое и растяжения в нижнем под южными Курильскими островами. При этом направление главной оси σ_3 (сжатия) в верхнем слое смещено относительно направления падения слэба на $30\text{--}40^\circ$ против часовой стрелки и совпадает с направлением погружения плиты, направление σ_1 в нижнем слое также смещено на 20° от направления падения, но по часовой стрелке. Поле напряжений напротив центральной части о. Хоккайдо в верхнем слое практически идентично ориентации напряжений нижнего слоя на большей части изучаемой территории. Возможно, это связано с влиянием предполагаемого вертикального разлома. Выявлено некоторое количество областей, находящихся в условиях сдвиговых напряжений, самые протяженные – напротив северной части о. Кунашир и под южной частью о. Хоккайдо.

Ключевые слова: Курило-Камчатский регион, двойная сейсмофокальная зона, поле тектонических напряжений, промежуточные глубины.

Курило-Камчатская субдукционная система удобна для изучения, поскольку сейсмичность здесь представлена землетрясениями всего диапазона глубин от сильных преджелобных событий сбросового типа на изгибе океанской плиты до не менее сильных сверхглубоких землетрясений вблизи границы переходного слоя с нижней мантией. Землетрясения в зоне промежуточных глубин, в отличие от участков меньшей глубины, обусловлены не непосредственно межплитовым взаимодействием, а тектоническими процессами в верхней части, погружающейся в мантию океанической литосферной плиты (слэба). Здесь наблюдается разделение сейсмогенерирующей области на верхний и нижний слои, разделенные небольшим асейсмичным промежутком, согласно исследованию механизмов очагов происходящих здесь землетрясений, находящиеся соответственно в условиях сжатия и растяжения вдоль слэба.

Целью представляемой работы является реконструкция поля тектонических напряжений в погружающейся Тихоокеанской литосферной плите на участке промежуточных глубин землетрясений (50–250 км) южного фланга Курило-Камчатской субдукционной системы отдельно вдоль верхнего и нижнего слоев двойной сейсмофокальной зоны.

Задачи работы:

- выделить из имеющихся каталогов механизмов очагов землетрясений достаточно представительные выборки событий отдельно для двух слоев сейсмофокальной зоны исследуемого района;
- перевести данные каталогов в систему координат, связанную с плоскостью погружающейся плиты с учетом ее геометрии;
- провести инверсию механизмов очагов землетрясений полученных каталогов и получить вдоль связанной с каждым из слоев плоскости наиболее детальную картину направленности исходного поля напряжений, ответственного за эти землетрясения.

Область исследования выбрана на южном фланге Курило-Камчатской субдукционной системы от южной части о. Хоккайдо примерно до прол. Буссоль Курильской гряды (к юго-западу от о. Симушир). Координаты исследуемого региона: $42\text{--}49^\circ$ с. ш., $142\text{--}152^\circ$ в. д.

Согласно модели slab2.0 [7] этот участок слэба на южном фланге Курило-Камчатской субдукционной системы относительно ровный, а потому удобен для разделения на слои. Область исследования разделена для удобства на шесть сегментов шириной по 150 км поперек островной дуги (Рис. 1).

Для расчетов использовались данные двух независимых источников: Национального исследовательского института наук о Земле и противодействии стихийным бедствиям Японии (NIED)[9] с 2000 по 2019 г. в магнитудном диапазоне $M = 4.0-6.0$ и GlobalCMT project (GCMT)[6] с 1975 по 2019 г. в магнитудном диапазоне $M = 5.0-7.0$. Обе выборки ограничены по глубине диапазоном 50–250 км. Каждый каталог имеет ряд преимуществ и недостатков. Ввиду близости к сейсмологической сети Японии каталог NIED позволил получить достаточное количество качественных данных для четырех из шести исследуемых сегментов (Рис. 1) от «а» до «d». Каталог GCMT ввиду особенностей распределения типов сейсмодислокаций очагов землетрясений под Хоккайдо предоставил необходимое для анализа количество данных отдельно по слоям для сегментов с «с» до «f».

Программный комплекс STRESSseism, реализующий метод катакластического анализа (МКА) совокупностей механизмов очагов землетрясений [1], позволяет выполнять детальную реконструкцию поля тектонических напряжений вдоль заданной плоскости. По этой причине данные каталогов были переведены в систему координат, связанную с плоскостью погружающейся плиты с учетом ее геометрии, где из общего объема сейсмогенерирующих пород было выделено два слоя: по асейсмичной прослойке в случае данных NIED и по разнице в типе сейсмодислокации очагов землетрясений для каталога GlobalCMT. Данные полученных выборок частично пересекаются в двух из шести принятых для расчета сегментах.

Таким образом, получены четыре каталога механизмов очагов землетрясений: два для верхнего (448 и 95 событий) и два для нижнего слоя (232 и 142 события) сейсмофокальной зоны, частично пересекающиеся в сегментах «с» и «d». Было принято решение не совмещать их, т.к. на общих участках данных достаточно для инверсии, а менее обеспеченные данными крайние участки не пересекаются в каталогах. К тому же каталоги разнородны по времени и магнитудному диапазону. Принятый подход позволил сравнить результаты, полученные по материалам из альтернативных источников, составить представление об устойчивости полученных решений.

Проведена инверсия механизмов очагов землетрясений полученных каталогов, использовался итерационный подход с уменьшением размера выборки и увеличением области осреднения, позволяющий максимально детализировать результат в тех областях, где наблюдается избыток данных, и получить оценочные результаты там, где данных для анализа недостаточно.

Результаты расчетов представлены в виде схем напряженного состояния изучаемых областей в расчетных кластерах в пределах условной плоскости, совпадающей с плоскостью рисунка (Рис. 1–4). Для некоторых кластеров, наиболее характерных крупной группе, построена стереографическая проекция положения осей напряжений на плоскость рисунка (в виде механизма очага с зелеными областями волн сжатия), на поверхность Земли (с черными областями).

Окружностями на рисунках (Рис. 1, 2) показаны кластеры с реконструированным типом напряженного состояния, цвет соответствует типу напряженного состояния в плоскости слэба, размер уменьшается с 1 по 3 итерацию расчетов. Отрезками на фоне окружностей показаны проекции осей главных напряжений σ_1 (желтые отрезки) и σ_3 (синие отрезки) на плоскость слэба, чей угол с плоскостью составляет не более 60° . Оси построены в направлении погружения (в сторону нижнего полупространства). Длина отрезка пропорциональна косинусу угла погружения, при угле погружения менее 18° отрезок пересекает узел. Зелеными линиями показаны изолинии глубины верхней границы сейсмофокальной области согласно модели Slab2 [7].

Рис. 1. Ориентация поля тектонических напряжений в южной части Курило-Камчатской зоны субдукции на промежуточных глубинах в верхнем слое на основе данных NIED 2000–2019 гг. в системе координат, связанной с поверхностью слэба.

Fig. 1. Orientation of the tectonic stress field in the southern part of the Kuril-Kamchatka subduction zone at intermediate depths in the upper layer based on NIED 2000–2019 data in the coordinate system associated with the slab surface.

Рис. 2. Ориентация поля тектонических напряжений в южной части Курило-Камчатской зоны субдукции на промежуточных глубинах в верхнем слое на основе данных GCMT 1976–2019 гг. в системе координат, связанной с поверхностью слэба. Условные обозначения как на рис. 1.

Fig. 2. Orientation of the tectonic stress field in the southern part of the Kuril-Kamchatka subduction zone at intermediate depths in the upper layer based on the 1976-2019 GCMT data in the coordinate system associated with the slab surface. Symbols as shown in fig. 1.

Рис. 3. Ориентация поля тектонических напряжений в южной части Курило-Камчатской зоны субдукции на промежуточных глубинах в нижнем слое на основе данных NIED 2000–2019 гг. в системе координат, связанной с поверхностью слэба. Условные обозначения как в рис. 1.

Fig. 3. Orientation of the tectonic stress field in the southern part of the Kuril-Kamchatka subduction zone at intermediate depths in the lower layer based on NIED 2000–2019 data in the coordinate system associated with the slab surface. Symbols as in Fig. 1.

Рис. 4. Ориентация поля тектонических напряжений в южной части Курило-Камчатской зоны субдукции на промежуточных глубинах в нижнем слое на основе данных GCMT 1976–2019 гг. в системе координат, связанной с поверхностью слэба. Условные обозначения как в рис. 1.

Fig. 4. Orientation of the tectonic stress field in the southern part of the Kuril-Kamchatka subduction zone at intermediate depths in the lower layer based on the 1976-2019 GCMT data in the coordinate system associated with the slab surface. Symbols as in Fig. 1.

Зеленым пунктиром – направление погружения Тихоокеанской плиты под глубоководный желоб. Для некоторых кластеров поле напряжений показано в виде механизма очага: зеленые – в проекции на плоскость слэба, черные – в проекции на поверхность геоида, синие – по данным работ [4, 5]. Серыми полосами отмечено предполагаемое положение разломных зон. Внизу – распределение количества кластеров в сегменте по углу наклона главных осей напряжений относительно плоскости слэба и азимуту относительно ее падения.

Полученный результат в целом согласуется с гипотезами образования двухслойной зоны субдукции на промежуточных глубинах: выявлено преобладание напряжений сжатия вдоль слэба в верхнем слое и растягивающих в нижнем под Курильскими островами. Однако направление главных осей σ_3 (сжатия) и σ_1 (растяжения) смещено относительно направления падения слэба против часовой стрелки на $30\text{--}40^\circ$ для σ_3 в верхнем слое – совпадающем с направлением погружения плиты; по часовой стрелке для σ_1 в нижнем слое (Рис. 3–4), что может являться следствием правосторонней сдвиговой компоненты в поддвиге Тихоокеанской плиты.

Значительная часть кластеров обоих слоев, относящаяся к верхней части изучаемой области на глубинах $50\text{--}60$ км, находится в близком напряженном состоянии, интерпретированном как растяжение в выбранной системе координат. Такое поле напряжений характерно для области контакта литосферных плит, т.к. на некоторых участках зона контакта находится ниже принятой в данной работе верхней глубины в 50 км. Также возможно, система межплитовых напряжений транслируется на большие глубины.

Поле напряжений под центральной частью сегментов, относящихся к о. Хоккайдо, в верхнем слое практически идентично ориентации напряжений нижнего слоя на большей части изучаемой территории. Возможно, это связано с влиянием предполагаемого вертикального разлома (Tokachi-Oki slab-cracking zone) [8] и резкого изменения наклона сейсмофокальной зоны под о. Хоккайдо. Хотя полученная система напряжений не предполагает подвижек в близвертикальной плоскости, ориентированной по падению слэба в данной районе.

Выявлено некоторое количество областей, находящихся в условиях сдвиговых напряжений. Самые протяженные – напротив северной части о. Кунашир и под южной частью о. Хоккайдо. Система напряжений в большинстве сдвиговых областей совпадает с кинематическим типом (левый сдвиг) трансформных разломов Носапу, Итуруп, Уруп, которые предположительно продолжают быть сейсмоактивными на погруженной плите, хотя положение кластеров с вероятным продолжением разломных зон не совпадает.

Проведенное сравнение полученных решений с результатами работ [4, 5], также выполненным методом инверсии механизмов очагов, но в более крупном масштабе, показало хорошую сходимость для основных крупных групп кластеров. Расхождения в первую очередь касаются небольших групп обособленных кластеров, показывающих локальные неоднородности поля напряжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребецкий Ю.Л. Методы реконструкции тектонических напряжений и сейсмотектонических деформаций на основе современной теории пластичности // Докл. РАН. – 1999. – Т. 365, № 3. – С. 392–395.
2. Сафонов Д.А. Пространственное распределение тектонических напряжений в южной глубокой части Курило-Камчатской зоны субдукции // Геосистемы переходных зон. – 2019. – Т. 3, № 2. – С. 175–188.
3. Astiz L., Lay T., Kanamori H. Large intermediate-depth earthquakes and the subduction process // Physics of the Earth and Planetary interiors. – 1988. – Т. 53, №. 1–2. – С. 80–166.
4. Christova C., Hirata N., Kato A. Contemporary stress field in the Wadati-Benioff Zone at the Japan-Kurile arc-junction (North Honshu, the Hokkaido corner and Hokkaido Island) by inversion of earthquake focal mechanisms // Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo. – 2006. – Vol. 81. – P. 55–70.
5. Christova C. V. Spatial distribution of the contemporary stress field in the Kurile Wadati-Benioff zone by inversion of earthquake focal mechanisms // Journal of Geodynamics. – 2015. – Vol. 83. – P. 1–17. – DOI: 10.1016/j.jog.2014.11.001
6. GCMT – The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) Project. – URL: www.globalcmt.org.

7. Hayes G. P., Moore G.L., Portner D.E., Hearne M., Flamme H., Furtney M., Smoczyk G.M. Slab2, a comprehensive subduction zone geometry model // *Science*. – 2018. – Vol. 362, № 6410. – P. 58-61.
8. Katsumata K., Wada N., Kasahara M. Newly imaged shape of the deep seismic zone within the subducting Pacific plate beneath the Hokkaido corner, Japan-Kurile arc-arc junction // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2003. – Vol. 108, N B12. – DOI: 10.1029/2002JB002175
9. NIED – National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan. – URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>.

UDC 550.24

THE TECTONIC STRESS FIELD AT INTERMEDIATE DEPTHS OF THE SOUTHERN FLANK OF THE KURIL-KAMCHATKA BENIOFF ZONE

Dmitry A. Safonov

Ph. D., senior researcher, lab. seismology

Institute of marine Geology and Geophysics FEB RAS

630022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str., 1B. E-mail: d.safonov@imgg.ru.

Abstract

The field of tectonic stresses in the zone of intermediate depths on the southern flank of the Kuril-Kamchatka Benioff zone was reconstructed separately along the upper and lower layers using the method of cataclastic analysis by Yu.L. Rebetsky. NIED and GCMT data were used. The predominance of compression stresses along the slab in the upper layer and tension in the lower layer under the southern Kuril Islands is confirmed. The direction of the main axis σ_3 (compression) in the upper layer is shifted relative to the slab's dip direction by 30–40° counterclockwise and coincides with the slab's movement, the direction of σ_1 in the lower layer is also shifted by 20° from the direction of dip, but clockwise. Stress field opposite the central part of Hokkaido in the upper layer is almost identical to the orientation of the lower layer stresses in most of the analyzed area. Perhaps this is due to the influence of the assumed vertical fault. A number of areas under shear stress conditions have been identified, the most extended – opposite the northern part of Kunashir and under the southern part of Hokkaido.

Keywords: *Kuril-Kamchatka region, double seismic zone, tectonic stress field, intermediate depths.*

REFERENCES

1. Rebetsky Yu.L. methods of reconstruction of tectonic stresses and seismotectonic deformations based on the modern theory of plasticity // *Dokl. Russian Academy of Sciences*. – 1999. – Vol. 365, No. 3. – P. 392–395.
2. Safonov D.A. the Spatial distribution of tectonic stresses in the deep southern part of the Kuril-Kamchatka subduction zone // *Geosystems transition zones*. – 2019. Vol. 3, No. 2. – P. 175–188.
3. Astiz L., lay T., Kanamori H. Large mid-depth earthquakes and the subduction process // *physics of the earth and the interior of planets*. – 1988. – Vol. 53, No. 1–2. – P. 80–166.
4. Christova C., Hirata N., Kato A. Contemporary Stress Field in the Wadati-Benioff# Zone at the Japan-Kurile Arc-arc Junction (North Honshu, the Hokkaido Corner and Hokkaido Island) by Inversion of Earthquake Focal Mechanisms // *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*. – 2006. – Vol. 81. – C. 55-70.
5. Christova C. V. Spatial distribution of the contemporary stress field in the Kurile Wadati-Benioff zone by inversion of earthquake focal mechanisms // *Journal of Geodynamics*. – 2015. – Vol. 83. – P. 1–17.
6. GCMT – The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT) project. URL: www.globalcmt.org.
7. Hayes G.P., Moore G.L., Portner D.E., Hearne M., Flamme H., Furtney M., Smoczyk G.M. Slab2, a comprehensive subduction zone geometry model // *Science*. – 2018. – T. 362. – №. 6410. – P. 58–61.
8. Katsumata K., Wada N., Kasahara M. Newly imaged shape of the deep seismic zone within the subducting Pacific plate beneath the Hokkaido corner, Japan-Kurile arc-arc junction // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2003. – Vol. 108, №. B12. – DOI: 10.1029/2002JB002175
9. NIED-national research Institute of earth science and disaster prevention, Japan. URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>

УДК 528.88: 551.24

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗЛОМОВ НА СЕВЕРЕ САХАЛИНА

Купцова Олеся Витальевна

Аспирантка 3-го курса направления 05.06.01 «Науки о Земле»

Сахалинский государственный университет

693000, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2.

Тел. (924) 190-00-08, e-mail: Korsuncevaolesy@gmail.com

Аннотация

Представлены результаты анализа современного состояния разломов на Севере Сахалина в квадрате 52,28–54,50° северной широты и 141,60–143,40° восточной долготы. Рассмотрены особенности выявления местоположения разломов методом линеаментного анализа, и их связь с землетрясениями представленной области. Для автоматизированного обнаружения и анализа линеаментов использовался программный пакет Lefa. В качестве входных данных в программе используются одноканальные изображения в формате TIF с географической привязкой.

Ключевые слова: *разлом, линеаментный анализ, программный пакет LEFA, землетрясение, Сахалин.*

ВВЕДЕНИЕ

На Сахалине довольно хорошо изучены активные крупные разломы, это связано с обнаружением нефтяных залежей и произошедшим разрушительным землетрясением в Нефтегорске. После Нефтегорского землетрясения, которое произошло в мае 1995 года, интерес к неотектонике, в том числе и к разломным зонам, повысился. Однако, для обеспечения безопасности и разумного планирования хозяйственной деятельности, необходим постоянный мониторинг разломных зон. Более детальное изучение разрывных нарушений, особенно при строительстве нефте- и газопроводов, а также различных объектов промышленного, производственного и хозяйственного назначения на Сахалине позволит избежать больших экономических потерь и жертв.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ РАЗЛОМОВ

Формирование современного рельефа острова связано с новейшим этапом геологического развития Сахалина. Горные области Сахалина сложены ярусами с выделением нескольких террасовых и водораздельных полигенетических уровней типа пенепленов и педиментов. На острове заметно преобладают блоковые структуры, ограниченные флексурами и разрывами. Обнаружены значительные различия в рельефе Западных и Восточных гор острова. Молодые извилистые западные орогены слабо расчленены, в отличие от более древних эрозионно расчленённых восточных. Причина этих различий в разном возрасте восточных и западных гор [1]. Низменности, располагающиеся между горами, имеют слабо расчленённый рельеф. На территории между полуостровом Шмидта и Восточно-Сахалинскими горами большое количество увалов с сопками разделены субмеридиональными низменностями. Это говорит о молодости рельефа севера Сахалина, что свидетельствует об активных, орографически выраженных разрывах, в которых активны сдвиговые нарушения.

Среди локальных и региональных новейших структур преобладают блоковые формы. Это подтверждается многочисленными сводообразными изгибами поверхностей выравнивания с множеством разрывных смещений и флексурных изгибов. Речные долины южного окончания Камышового хребта (к примеру, река Лопатинка) преимущественно относятся к плиоценовым синклиналям, а границы, разделяющие водосборы – к антиклиналям [2]. Это говорит об одновременном завершении стадий складкообразования и заложением некоторых речных долин старше по геологическому возрасту растущих возвышенностей, которые они пересекают. Самые древние поверхности выравнивания на Сахалине тектонически деформированы.

Рис. 1. Эпицентры землетрясений Сахалина за последние 15 лет.

Fig. 1. Epicenters of Sakhalin earthquakes in past 15 years.

Остров Сахалин можно разделить на зоны мегаподнятий, между которыми располагаются впадины. Данные зоны включают в себя полуостров Шмидта, Северо-Сахалинское инверсионное мегаподнятия, Центрально-Камышовое, Восточно-Сахалинское мегаподнятия и Тымь-Поронайскую мегавпадину, Южно-Камышовое и Сусунайско-Тонинское мегаподнятия, а также Аниво-Сусунайскую мегавпадину. Области, располагающиеся между зонами, включают в себя ряд более мелких структур и блоков, в которых происходят разрывные, сдвиговые, надвиговые смещения и сбросы [3, 4].

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗЛОМОВ И ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Благодаря более детальному изучению на Сахалине выявлен ряд новых разломных зон, связанных с новейшими тектоническими движениями, однако исследования продолжают по настоящее время. При этом постоянно обновляется информация о расположении зон дизъюнктивных нарушений.

Проведена работа по сопоставлению карт разрывных нарушений и сейсмоактивности рассматриваемого региона.

За период наблюдений с 01.01.2005 по 27.09.2020 гг. на Сахалине в квадрате 45,9–54,5° северной широты и 141,6–144,8° восточной долготы, за исключением произошедших в заливе Анива и Охотском море на глубинах свыше 300 км, произошло 68 землетрясений магнитудой $M > 4,5$ по данным Единой геофизической службы Российской академии наук (Рис. 1).

При анализе космических снимков севера Сахалина в квадрате 52,28–54,50° северной широты и 141,60°–143,40° восточной долготы было выявлено, что землетрясения, произошедшие в данной местности, располагаются в зонах трещиноватости и разломообразования. Это обнаруживается при сопоставлении эпицентров землетрясений и отдешифрованных спутниковых снимков Севера Сахалина. Представлены результаты анализа современного состояния разломов на севере Сахалина.

Основными дешифрируемыми изображениями были спутниковые снимки космического аппарата Landsat-8 со съемочной аппаратурой, получающей данные в 11 диапазонах электромагнитных волн от двух датчиков: теплового инфракрасного датчика (TIRS) и штатного устройства получения изображений поверхности Земли (OLI).

Для автоматизированного обнаружения и анализа линейментов использовался программный пакет LEFA, обладающий рядом преимуществ перед аналогичными программными продуктами (LESSA, FracPac) [5].

К преимуществам LEFA, помимо свободного доступа, относится открытый код, выделение полилиний, расчёт плотности линий, экспорт в формате ESRI Shape,

Tif. В качестве входных данных в программе используются одноканальные изображения в формате TIF с географической привязкой (данные Landsat или SRTM). Анализ построен на выявлении линейных элементов рельефа. Для монохромных изображений линиями будут границы однородных областей. Обнаружение линеаментов основано на фрактальной геометрии, методе вероятностного преобразования Хафа. Его смысл заключается в переходе от изображения к параметрическому пространству, где геометрические фигуры задаются набором параметров. Программа работает в двух режимах выделения линейных границ: *canny* и *erosion*; а также трёх режимах плотности линий: *small*, *medium* и *many*. При анализе севера Сахалина были обнаружены различные линеаменты.

При анализе снимка полуострова Шмидта на рисунке 2 при средней плотности линий выделяется область Восточно-Сахалинского литосферного надрегионального разлома, характеризующегося взбросо-сдвигами и раздвигами, а также область региональных подвижек зоны воздействия Приамурского разлома.

При анализе снимка в режиме большой плотности линий обнаруженные региональные разломы подтверждаются (Рис. 3):

- Приамурский (Северо-Байкальский) коровый разлом, подтверждённый геофизическими данными.

- Западно-Шмидтовский скрытый литосферный надрегиональный разлом, характеризующийся взбросами.

- Катанглинский литосферный надрегиональный разлом, характеризующийся взбросами и раздвигами.

- Хоккайдо-Сахалинский или Верхнепильтунский литосферный надрегиональный взбросо-сдвиговый разлом.

- Центрально-Сахалинский надрегиональный взбросо-надвиговый разлом, характеризующийся взбросами, надвигами и сдвигами.

Эпицентры выделенных землетрясений на рисунке 1 проходят вдоль Западно-Шмидтовского разлома, на пересечении зон трещиноватости Западно-Шмидтовского и Хоккайдо-Сахалинского разломов, а также в области Катанглинского разлома. Эпицентр землетрясения на полуострове Шмидта входит в зону трещиноватости Восточно-Сахалинского разлома.

Рис. 2. Спутниковый снимок полуострова Шмидта, анализ при средней плотности линий в режиме детектирования границ Canny в программе LEFA.

Fig. 2. Satellite image of the Schmidt Peninsula, analysis at average line density in the Canny border detection mode in the LEFA program.

Рис. 3. Спутниковый снимок Охинского региона, анализ при большой плотности линий в режиме детектирования границ Canny в программе LEFA.

Fig. 3. Satellite image of the Okha region, analysis at high line density in the Canny border detection mode in the LEFA program.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разломы, выделенные на севере Сахалина с помощью программы LEFA, подтверждают данные геологических и геофизических исследований острова Сахалин, а также дополняют их. Землетрясения последних пятнадцати лет происходили в зонах, приуроченных к выделенным разломам.

На основе комплексного анализа сейсмического режима и линеamentного анализа севера Сахалина выявлены литосферные и коровые разломы, зоны трещиноватости и подвижек, примыкающих к области разломов.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения локализации, конфигурации и параметров разломных зон северного сегмента острова Сахалин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров С.М. Остров Сахалин. – М.: Наука, 1973. – 184 с. (Сер. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока).
2. Ганешин Г.С. Четвертичная система: Геоморфология // Геология СССР. – М.: Недра, 1970. – Т. 33: Остров Сахалин: Геологическое описание. – С. 255–267, 369–390.
3. Несмеянов С.А. Количественная оценка новейших движений и неоструктурное районирование горной области. – М.: Недра, 1971. – 144 с.
4. Терещенков А.А., Туезов И.К., Харахинов В.В. Земная кора Сахалина и окружающих акваторий // Тихоокеан. геология. – 1982. – № 1. – С. 82–91.
5. Шевырёв С.Л. // Программа LEFA: автоматизированный структурный анализ космической основы в среде MATLAB // Успехи современного естествознания. 2018. – Т. 10. – С. 138–143.
6. Shevyrev S. LEFA: Lineament Extraction and Fracture Analysis. 2018. – URL: <http://LEFA.geologov.net>

UDC 528.88: 551.24

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF FAULTS IN THE NORTH OF SAKHALIN

Olesya V. Kuptsova

*Postgraduate student Technical Oil and Gas Institute
Sakhalin state University*

693000, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 2 Pogranichnaya str. E-mail: korsuncevaolesy@gmail.com

Abstract

The results of analysis of the current state of faults in the North of Sakhalin in the square of 52.28-54.50 North latitude and 141.60-143.40 East longitude are presented. The features of identifying the location of faults by lineament analysis, and their relationship to earthquakes in the presented area are considered. The LEFA software package was used for automated detection and analysis of lineaments. The program uses single-channel images in TIF format with geographical reference as input data.

Keywords: *fault, lineament analysis, LEFA software package, earthquake, Sakhalin Island.*

REFERENCES

1. Aleksandrov S.M. Sakhalin Island. Moscow: Nauka, 1973. 184 p. (Ser. History of the development of the relief of Siberia and the Far East).
2. Ganeshin G.S. Quaternary system: Geomorphology // Geology of the USSR. 1970. Vol. 33: Sakhalin Island: geological description. Pp. 255–267, 369–390.
3. Nesmeyanov S.A. Quantitative assessment of new movements and non-structural zoning of the mountain region. Moscow: Nedra, 1971. 144 p.
4. Tereshenkov A.A., Tuezov I.K., Kharakhinov V.V. the Earth's crust of Sakhalin and surrounding water areas // Pacific.geology. 1982. No. 1. Pp. 82–91.
5. Shevyrev S.L. LEFA program: automated structural analysis of the space basis in the MATLAB environment // Advances in modern natural science. 2018. Vol. 10. P. 138–143.
6. Shevyrev S. LEFA: Lineament Extraction and Fracture Analysis. 2018. URL: <http://LEFA.geologov.net>

УДК 528.8: 528.194

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Мелкий Вячеслав Анатольевич

*Ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, доктор технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. Тел. +7 (984)-139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru*

Верхотуров Алексей Александрович

*Старший научный сотрудник Центра коллективного пользования, кандидат технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. Тел. +7 (914)-760-68-87. E-mail: ussr-91@mail.ru*

Аннотация

Космические системы мониторинга (КСМ) Земли обеспечивают регулярное поступление информации о состоянии природных комплексов, а также дают возможность осуществлять контроль активности вулканов. Развитие КСМ идет по пути совершенствования преимущественно оптических сканирующих устройств и повышения их разрешающей способности, что ведет к увеличению зависимости качества наблюдений от атмосферных условий и ограничению ширины съемочной полосы. Съемки со спутников, расположенных на геостационарных орбитах, обеспечивают качественный прогноз масштабных атмосферных процессов и позволяют обнаружить шлейфы пепловых выбросов при сильных извержениях даже на фоне сплошного облачного покрова. Данные космических съемок территории с космических аппаратов дают возможность оценивать масштаб происходящих процессов и современное состояние ландшафтов, сформировавшихся на вулканогенных отложениях. Изучение многозональных снимков помогает определить суть процессов, происходящих на территориях, подвергавшихся выпадению твердых продуктов извержений, и выявить особенности восстановления экосистем.

Ключевые слова: мониторинг природной среды, вулканическая активность, дистанционное зондирование Земли, космические съемки.

ВВЕДЕНИЕ

Съемки, произведенные с первых искусственных спутников Земли (ИСЗ), показали, что они могут служить великолепным инструментом для исследования объектов окружающей природной среды. Самые широкие возможности открылись для исследований атмосферы и объектов на земной поверхности. Космические съемки дали возможность регулярно получать информацию о состоянии природных комплексов. В целом мировая отрасль дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) демонстрирует высокие темпы развития и обеспечение доступности оперативных данных. За период с 70-х гг. XX до 20-х гг. XXI века наметились две тенденции в развитии систем космического мониторинга: усиление востребованности сканерных изображений и снимков высокого и сверхвысокого разрешения. Эти тенденции только увеличивают зависимость дистанционного зондирования от атмосферных условий в оптическом диапазоне и приводят к уменьшению ширины полосы обзора в угоду повышению высокой разрешающей способности изображений.

КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Системы космического мониторинга (СКМ) земной поверхности состоят из двух подсистем – контактной и дистанционной. Контактная наземная подсистема состоит из эталонных объектов, где выполняются подспутниковые и подсамолетные эксперименты: изучается влияние антропогенных и природных факторов на спектрально-отражательные и излучательные характеристики наблюдаемых объектов, проводится отработка методик, испытание и калибровка приборов, необходимых для дистанционных исследований, технических и программных средств обработки полученной информации. Дистанционная

подсистема обеспечивает наблюдения с помощью средств космического базирования [Мониторинг..., 2008].

Современные СКМ выполняют регулярное ДЗЗ, используя аппаратуру, снимающую в видимом, инфракрасном и радиоволновом диапазонах электромагнитного излучения. При этом в зависимости от размеров деталей, различаемых на изображениях, их можно отнести к снимкам малого, среднего, высокого и сверхвысокого разрешения [Савиных, Соломатин, 1995]. Полученные изображения помогают отслеживать состояние компонентов экосистем, природные процессы, прогнозировать антропогенные изменения, стихийные бедствия, а также оценивать их последствия и разрабатывать меры по снижению риска и ущерба для промышленных и гражданских сооружений [Технологические решения..., 2020; Аковецкий, 2008; Бондур, 2010; Замшин, Чверткова, 2018; Анализ состояния..., 2019; Динамика..., 2020]. Обеспечение производства подобных работ и управление ими требует соответствующих знаний в области эксплуатации средств ДЗЗ и разработки новых технологических решений в области совершенствования методов информационно-аналитического анализа данных.

Космические системы, предназначенные для решения разноплановых задач мониторинга природной среды в рамках действующих программ исследования Земли из космоса, снабжены аппаратурой высокого пространственного разрешения, которые позволяют при правильном выборе режимов зондирования получать снимки, позволяющие извлекать уникальную по составу и содержанию информацию. Спутниковые системы передают информацию, получаемую различными устройствами, которыми снабжены космические аппараты, выведенные на различные околоземные орбиты: геостационарные близкие к плоскости экватора и низкие околоземные приполярные круговые и околокруговые. В таблицах приведены сведения о расположении аппаратов, данные которых наиболее доступны (Табл. 1, 2).

Несомненным преимуществом размещения космических аппаратов на геостационарных орбитах является их долговечность, обусловленная отсутствием энергетических затрат на движение, в результате уравнивания гравитационного притяжения Земли и собственной инерции спутника при линейной скорости 3,074 км/с. Вследствие равенства угловой скорости геостационарных спутников и скорости вращения Земли первые неподвижно «зависают» над земной поверхностью на постоянной высоте, что способствует применению технологически простых принимающих устройств, пригодных для массового использования. Изображения, полученные аппаратурой, размещенной на геостационарных спутниках, имеют невысокое пространственное разрешение, но при этом обладают высокой обзорностью. Наблюдения с геостационарных спутников позволяют наблюдать перемещение облачных вихрей над всем полушарием одновременно, что дает возможность оценить их скорость перемещения относительно друг друга и земной поверхности и обеспечить качественный прогноз масштабных атмосферных процессов.

Фотографические и сканерные изображения, которые принимаются с низкоорбитальных спутников, оснащенных аппаратурой с разрешающей способностью, достаточной для дешифрирования деталей на земной поверхности с различными спектральными характеристиками, составляют в совокупности логическую картину, свойственную определенным объектам. Многозональные снимки дают возможность уверенно дешифрировать мелкие формы рельефа, что особенно важно для понимания процессов, происходящих при перемещении горных пород, в частности при движении лавовых потоков.

Табл. 1. Космические системы мониторинга природной среды.

Космические аппараты, годы запусков, страна	Орбита, высота	Измерительные устройства на борту	Назначение
на геостационарных орбитах (ГСО)			
GMS, 1977–1995, MTSat 1–2, 2A (Himavari 1-9) 2005 – по н. в. Метеоагентство JMA, Япония	ГСО 35 786 км Накл. < 0,5° Позиция 140° в. д.	Сканирующий радиометр видимого и ИК-диапазона VISSR. Каналы: видимый (0.55–0.80 мкм), ближний ИК (3,5–4,0 мкм), водяного пара (6,5–7,0 мкм), первый ИК (10,3–11,3 мкм), второй ИК (11,5–12,5 мкм). Пространственное разрешение ИК 5 км, видимого – 1,25 км. Система поиска и спасения S&R	Гидрометеорология
на низких околоземных орбитах (НОО)			
Канопус-В-ИК», Канопус-В» № 3-6 2017 – по н. в. Россия	НОО ПО СС 675 км наклонение- 98,1°	Панхроматическая (2,5 м, захват – 23 км) и многозональная (12 м, 20 км) съемочные системы.	Данные Роскосмоса и Росгидромета по заявкам
TIROS, 1960-1978; ESSA, 1966-1969; NOAA 6-19, N. 1970 – по н. в., США	НОО ПО СС ~ 800-870 км наклонение – 98,7°	VIIRS 22-канальный радиометр, аналог MODIS (Terra и Aqua) 375 м (панхр.), 750 м; зондировщик ИК-излучения высокого разрешения (HIRS/3); поисково-спасательная спутниковая система слежения (S&R), состоящая из ретранслятора поиска и спасения (SARR) и процессора поиска и спасения (SARP-2)	Метеорология, география, сельское и лесное хозяйство, снежный покров, океанография, гидрология, экология, ледовая обстановка
Landsat 1–8, 1972 – по н. в., США	НОО ПО СС 675–705 км наклонение- 98,2°	Сначала: TV-камеры RBV, много-спектральный сканер MSS, тематический картограф TM. Теперь: OLI – 30 м (видимый, NIR, SWIR); 100 м (Term); and 15 м (панхром.) Всего – 11 каналов.	География, сельское хозяйство, геология, океанография, гидрология, изучение природных ресурсов
Sentinel 1A-1D – Sentinel 6 2014 – по н. в.; Европа (запуски Союз-СТ-А, Россия; Ariane-5 (ESA))	НОО ПО СС 695–788 км наклонение- 98,2–98,58°, а также 1336 км наклонение- 66°	Радиолокатор С-диапазона с синтезированной апертурой (РСА). Мультиспектральный телевизор MSI.	Метеорология, прогноз погоды, картографирование, вулcanoопасность, лесопользование, экология

Примечания. ГСО – геостационарная орбита высотой 35786 км. НОО или LEO – низкая околоземная (опорная) орбита высотой 160–2000 км. ПО – приполярная околокруговая при наклонении 70–99°. НО – наклонная орбита. СС – солнечно-синхронная орбита.

МОНИТОРИНГ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Оперативный мониторинг вулcanoопасных территорий проводится с использованием средств ДЗЗ оптического, ИК- и радиодиапазонов. Мониторинг газово-пепловых выбросов в атмосферу не требует высокой детальности снимков и выполняется с использованием данных космических съемок низкого разрешения.

Так, 3 февраля 2011 года вулкан Синмоз-Даке (о. Кюсю, Япония) выбросил в атмосферу газово-пепловое облако на высоту 2,5 км. На снимке со спутника Aqua (спектрора-

диометр MODIS), выполненном через 12 часов, пепловый шлейф растянулся более чем на 500 км (Рис. 1). Южнее вулкана Синмоз-Даке наблюдается шлейф пепла и пара из кратера Сакурадзими.

Извержение вулкана Сакурадзима фиксировалось по данным наблюдений с метеорологических спутников в течение 2019 года около 150 раз: столб пепла поднимался на высоту около 3 км в июле дважды, а в ноябре высота выброса составила 5,5 км.

Газово-пепловые выбросы отлично просматриваются на изображениях, снятых с помощью многозональной съемочной системы, расположенной на борту отечественного спутника «Канопус-П» № 3 (Рис. 2). Снимки отличного качества, полученные с МСС спутника «Landsat» - 8, позволяют наблюдать фумарольную деятельность из трещин в местах боковых прорывов магмы вулкана Килауэа на о. Гавайи (Рис. 3).

Рис. 1. Газово-пепловый выброс вулкана Синмоз-Даке 03 февраля 2011 г. Снято сканером MODIS со спутника «Аква».

Fig. 1. Gas-ash ejection of the Shinmoe-Dake volcano on February 03, 2011. Taken by the MODIS scanner from the Aqua satellite.

Рис. 2. Дымовой шлейф выброса вулкана Сакурадзима (Япония) 04 декабря 2019 г. Снято сканером МСС со спутника «Канопус-П» № 3 (Россия).

Fig. 2. The smoke plume of ejection of the Sakurajima volcano (Japan) December 04, 2019. Taken by the MSS scanner from the «Canopus-P» satellite No. 3 (Russia).

МОНИТОРИНГ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНОВ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

В пределах Курильской островной дуги расположено 36 действующих вулканов. Мониторинг вулканической активности в северной части дуги (о. Парамушир, о. Атласова), проводит Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT) [Извержения вулканов... , 2020]. Вулканы южной части Курильских островов (от о. Кунашир до о. Онекотан включительно) находятся под наблюдением Сахалинской группы SVERT Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН. Постоянное наблюдение за состоянием действующих вулканов в регионе необходимо для обеспечения безопасного проживания около 20000 человек гражданского населения на островах и снижения риска для авиатранспорта, воздушные коридоры которого проходят вблизи Курильской гряды.

За время работы группы SVERT были зафиксированы многочисленные проявления вулканической активности (Рис. 4). С 2000 года отмечено 34 извержения, которые фиксировались по данным спутниковых и визуальных наблюдений [Рыбин и др., 2018]

В практике ежедневного оперативного мониторинга SVERT используются спутниковые данные AQUA и TERRA (MODIS), NOAA (AVHRR/POES), поставляемые лабораторией дистанционного зондирования Земли (СахГУ, г. Южно-Сахалинск), а также данные с информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» VolSatView, разработанный в рамках сотрудничества Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Института космических исследований РАН, Вычислительного центра ДВО РАН и НИЦ «Планета» [Чибисова и др., 2019].

Рис. 3. Вулканы о. Гавайи (США). Снято сканером MCC со спутника «Landsat» - 8.

Fig. 3. Volcanoes of Hawaii Island (USA). Taken by MSS scanner from the Landsat-8 satellite.

Рис. 4. Распространение пеплового облака вулкана Чиринкотан на снимках Himawari-8 1 марта 2017 г. [Чибисова и др., 2018].

Fig. 4. Distribution of the Chirinkotan volcano ash cloud by Himawari-8 images on March 1, 2017. [Chibisova et al., 2018].

При осуществлении мониторинга активности действующих вулканов на островах, большинство из которых недоступны для визуальных и сейсмологических наблюдений, принципиально важными являются спутниковые данные. На вулкане Чиринкотан в 2017 г. по спутниковым данным Himawari-8 зафиксировано пять эпизодов активности, характеризующихся кратковременностью и умеренной силой извержения. Газово-пепловые выбросы хорошо прослеживаются на изображениях, полученных с помощью сканирующих радиометров типа VISSR (рис 4) [Чибисова и др., 2018] и МСУ-50 (Рис. 5).

Рис. 5. Извержение вулкана Райкоке (о. Райкоке, Курильские острова) 22 июня 2019 г. Снято сканером МСУ-МР со спутника «Метеор-М» № 2 [Информационные..., 2020].

Fig. 5. Raikoke Volcano eruption (Raikoke Island, Kuril Islands) on June 22, 2019. Taken by the MSU-MR scanner from the Meteor-M satellite No. 2 [Information..., 2020].

Данные космических съемок территории со спутников Landsat, Канопус-П, Sentinel, обеспечивающих получение снимков среднего разрешения, дают возможность оценивать масштаб происходящих процессов (Рис. 6) и современное состояние ландшафтов, сформировавшихся на вулканогенных отложениях. Изучение многозональных снимков с использованием вегетационного индекса NDVI помогает определить суть процессов, происходящих на территориях, подверженных выпадению твердых продуктов извержений, и выявить особенности восстановления экосистем (Рис. 7) [Верхотуров, 2020].

Рис. 6. Шлейф газово-пеплового выброса вулкана Эбеко (о. Парамушир) 22 мая 2019 г. Снято сканером МСС со спутника «Канопус-П» № 3.

Fig. 6. The plume of gas and ash emission of the Ebeko volcano (о. Paramushir) May 22, 2019. Taken by the MSS scanner from the «Canopus-P» satellite No. 3.

Рис. 7. Анализ состояния растительности на вулкане Алаид (о. Атласова): а) рассчитанное изображение NDVI в оттенках серого; б) изображение NDVI в красно-зеленой гамме; в) классифицированное изображение; г) композитный снимок (8-11-4). Снято сканером MSI со спутника Sentinel-2 [Верхотуров, 2020].

Fig. 7. Analysis of the state of vegetation on Alaid volcano (Atlasova Island): a) calculated NDVI image in grayscale; b) NDVI image in red-green scale; c) classified image; d) composite image (8-11-4). Taken by MSI scanner from the Sentinel-2 satellite [Verkhotur, 2020].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткий обзор космических систем мониторинга Земли показал, что направление исследований с использованием данных, получаемых с разнообразных датчиков, весьма перспективно для решения задач обеспечения безопасности жизнедеятельности людей на территориях, подверженных воздействию вулканических извержений. Космическое базирование средств наблюдения обеспечивает возможность контроля над обширными районами поверхности Земли и атмосферы. Сенсоры оптического, инфракрасного и радио диапазонов электромагнитных волн позволяют проводить наблюдения в интересах решения разнообразных тематических задач вулканологии. Правильный выбор режимов космической съемки сканерами высокого пространственного разрешения позволяет получать уникальные по информативности снимки, которые существенно дополняют информацию, получаемую при проведении традиционных наземных и авиационных наблюдений. В настоящее время с учетом развития элементной базы существенно возрастает привлекательность использования для решения задач мониторинга радарных снимков. При этом преимущества датчиков СВЧ-диапазона – всепогодность и независимость от освещенности наблюдаемого участка поверхности – обеспечивают перспективность их широкого использования. Предстоит большая работа по разработке технологий и методик распознавания объектов и признаков проявлений различных вулканогенных процессов, но за нею просматриваются горизонты широкого использования космических средств для обеспечения минимального вулканического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аковецкий В.Г. Аэрокосмический мониторинг месторождений нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2008. – 454 с.
2. Анализ состояния лесных земель на острове Сахалин / В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров, Р.Н. Сабиров, В.В. Братков // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле, 2019. – № 2 (14). – С. 68–73. – DOI: 10.25587/SVFU.2019.14.35448.
3. Бондур В.Г. Аэрокосмические методы и технологии мониторинга нефтегазоносных территорий и объектов нефтегазового комплекса // Исследование Земли из космоса. – 2010. – № 6. – С. 3–17.
4. Верхотуров А.А. Анализ изменений состояния экосистем на острове Атласова (Курильские острова) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 139–150.
5. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
6. Гирина О.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г. Спутниковый мониторинг вулканов Камчатки и Северных Курил // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 6. – С. 194–209. – DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-6-194-209>
7. Динамика вулканогенных ландшафтов острова Кунашир (Курильские острова) / В.А. Мелкий, В.В. Братков, А.А. Верхотуров, Д.В. Долгополов // Мониторинг. Наука и технологии. – 2020. – № 2 (44). – С. 31–41. – DOI: 10.25714/MNT.2020.44.005
8. Замшин В.В., Чверткова О.И. Анализ временного ряда космических многоспектральных изображений в интересах геоэкологического мониторинга района разработки нефтяного месторождения // Биологическое разнообразие и устойчивость лесных и урбоэкосистем. Первые международные чтения памяти Г.Ф. Морозова. Материалы научно-практической конференции. 2019. – С. 164–168.
9. Извержения вулканов северной группы Камчатки в начале XXI века / А.Ю. Озеров, О.А. Гирина, Н.А. Жаринов, А.Б. Белоусов, Ю.В. Демянчук // Вулканология и сейсмология. – 2020. – № 1. – С. 3–19. – DOI: 10.31857/S0203030620010058
10. Информационные ресурсы // Сайт «Роскосмос». – URL: <https://www.roscosmos.ru/117/> (дата обращения 02.12.2020).
11. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли / П. Кронберг ; пер. с нем. – М.: Мир, 1988. – 343 с.
12. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин // Региональные геосистемы. – 2020. – № 44(4). – С. 415–431. – DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
13. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами: Учебное пособие для студентов вузов / В.А. Малинников, А.Ф. Стеценко, А.Е. Алтынов, С.М. Попов. – М.: Изд. МИИГАиК, 2008. – 145 с.
14. Назаров А.С. Средства получения цифровых снимков и методы их фотограмметрической обработки. – Минск, 2009. – 263 с.
15. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
16. Румянцев П. А. Космическая система «Метеор». – М.: Знание, 1983. – 64 с.
17. Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. Мониторинг вулканической активности на Курильских островах: 15 лет деятельности группы SVERT // Геосистемы переходных зон. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 259–266. – DOI: 10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266
18. Савиных В.П., Соломатин В.А. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования Земли – М. : Недра, 1995. – 240 с.
19. Спутниковые системы мониторинга. Анализ, синтез, управление / В.В. Малышев, М.Н. Красильщиков, В.Т. Бобронников, О.П. Нестеренко, А.В. Федоров; под редакцией В.В. Малышева. – М.: МАИ, 2000. – 568 с.
20. Технологические решения в области обеспечения геопространственной информации о магистральных трубопроводах и объектах их инфраструктуры / Е.И. Аврунев, Г.А. Уставич, А.О. Грекова, А.В. Никонов, В.А. Мелкий, Д.В. Долгополов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 188–201. – DOI: 10.18799/24131830/2020/7/2729
21. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с.
22. Чибисова М.В., Рыбин А.В., Дегтерев А.В. Извержение вулкана Чиринкотан в 2017 году по спутниковым данным HIMAWARI-8 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 112–118. – DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-112-118
23. Чибисова М.В., Рыбин А.В., Дегтерев А.В. Спутниковый мониторинг вулканической активности на Курильских островах // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции / Отв. ред. Д.В. Чебров. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 119–121.
24. NASA Missions A-Z // Сайт NASA. – URL: <https://www.nasa.gov/missions> (дата обращения 02.12.2020).

UDC 528.8: 528.194

USING SPACE-BASED EARTH MONITORING SYSTEMS TO MONITORING VOLCANIC ACTIVITY

Vyacheslav A. Melkiy

*Doctor of Technical Sciences, Lead researcher, Laboratory of volcanology and volcano hazard
Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences
693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str. 1B. Tel. +7 (984)-139-7077, e-mail: vamelkiy@mail.ru*

Alexey A. Verkhoturov

*Cand. Sc., Senior researcher
Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far East Branch of Russian Academy of Science
693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str. 1B. Tel. +7 (914)-760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru*

Abstract

Space monitoring systems (SMS) of the Earth provide regular information on the state of natural complexes, and also make it possible to monitoring the activity of volcanoes. The development of SMS is moving along the path of improving mainly optical scanning devices and increasing their resolution, which leads to increase in the dependence of the quality of observations on atmospheric conditions and limiting the width of the shooting band. Satellite images obtained from geostationary orbits provide a high-quality forecast of large-scale atmospheric processes and allow us to detect plumes of ash emissions during strong eruptions, even against the background of a solid cloud cover. Data from satellite surveys of the territory from spacecraft make it possible for assess the scale of the ongoing processes and current state of the landscapes formed on volcanic deposits. The study of multi-zone images makes it possible to determine essence of the processes occurring in the territories that were exposed to the fallout of solid products of eruptions, and for identify features of ecosystem restoration.

Ключевые слова: мониторинг природной среды, вулканическая активность, дистанционное зондирование Земли, космические съемки.

REFERENCES

1. Akovetsky V.G. Aerospace monitoring of oil and gas fields. Textbook for universities. M.: LLC "Nedra-Business Center", 2008. 454 p.
2. Technological solutions in the field of providing geospatial information about main pipelines and their infrastructure objects / E.I. Avrunev, G.A. Ustavich, A.O. Grekova, A.V. Nikonov, V.A. Melki, D.V. Dolgoplov // Engineering of Georesources, 2020. Vol. 331. No 7. Pp. 188–201. DOI: 10.18799/24131830/2020/7/2729
3. Bondur V.G. Aerospace methods and technologies for monitoring oil and gas-bearing territories and objects of the oil and gas complex // The study of the Earth from space. 2010. No. 6. Pp. 3–17.
4. Chandra A.M., Ghosh S.K. Remote sensing and geographic information systems. Moscow: Technosphere, 2008. 312 p.
5. Chibisova M.V., Rybin A.V., Degterev A.V. Eruption of Chirinkotan volcano in 2017 according to satellite data of HIMAWARI-8. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2018. T. 15. No 4. P. 112–118. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-112-118
6. Chibisova M.V., Rybin A.V., Degterev A.V. Satellite monitoring of volcanic activity on the Kuril Islands. Problems of complex geophysical monitoring of the Russian Far East. Proceedings of the Seventh Scientific and Technical Conference. Responsible editor D.V. Chebrov. 2019. Pp. 119–121.
7. Garbuk S.V., Gershenzon V.E. Space systems of remote sensing of the Earth. Moscow: Publishing House A and B, 1997. 296 p.
8. Girina O.A., Melnikov D.V., Manevich A.G. Satellite monitoring of volcanoes in Kamchatka and the Northern Kuriles. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2017. Vol. 14. No. 6. Pp. 194–209. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-6-194-209>
9. Information resources. Roscosmos website. URL: <https://www.roscosmos.ru/117/> (accessed 02.12.2020).
10. Kronberg P. Remote study of the Earth; transl. from German. M.: Publishing House «Mir», 1988. 343 p.
11. Monitoring of the natural environment by aerospace means. Textbook for university students / V. A. Malinnikov, A.F. Stetsenko, A.E. Altynov, S.M. Popov. Moscow: MIIGAiK Publishing House, 2008. 145 p.
12. Satellite monitoring systems. Analysis, synthesis, management / V.V. Malyshev, M.N. Krasilshchikov, V.T. Bobronnikov, O.P. Nesterenko, A.V. Fedorov; Ed. by V.V. Malyshev. Moscow: MAI, 2000. 568 p.
13. Dynamics of volcanic landscapes of Kunashir Island (Kuril Islands) / V.A. Melkiy, V.V. Bratkov, A.A. Verkhoturov, D.V. Dolgoplov // Science and Technology. 2020. No. 2 (44). Pp. 31–41. DOI: 10.25714/MNT.2020.44. 005

14. Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. Climate influence on the state of the northern part of the spruce-fir subzone of dark coniferous boreal forests of Sakhalin Island. *Regional geosystems*, 2020. № 44 (4): 415–431. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4 -415-431
15. Analysis of the state of forest lands on Sakhalin Island / V.A. Melkiy, A.A. Verkhoturov, R.N. Sabirov, V.V. Bratkov // *Vestnik Severo-Vostochnogo federal university named after M.K. Ammosov. Series: Earth Sciences*. 2019. № 2 (14). Pp. 68–73. DOI:10.25587/SVFU.2019.14.35448.
16. NASA Missions A-Z. NASA website. Available on <https://www.nasa.gov/missions> (accessed 02.12.2020).
17. Nazarov A.S. Means of obtaining digital images and methods of their photogrammetric processing. Minsk, 2009. 263 p.
18. Volcanic eruptions of the northern group of Kamchatka at the beginning of the XXI century / A.Yu. Ozerov, O.A. Girina, N.A. Zharinov, A.B. Belousov, Yu.V. Demyanchuk // *Journal of Volcanology and Seismology*. 2020. No. 1. Pp. 3–19. DOI: 10.31857/S0203030620010058
19. Ris U.G. Fundamentals of remote sensing. M.: Technosphere, 2006. 336 p.
20. Rumyantsev P.A. Space system «Meteor». Moscow: Znanie, 1983. 64 p.
21. Rybin A.V., Chibisova M.V., Degterev A.V. Monitoring of volcanic activity on the Kuril Islands: 15 years of activity of the SVERT group. *Geosystems of transition zones*. 2018. Vol. 2. No. 3. Pp. 259–266. DOI: 10.30730/2541-8912.2018.2.3.259-266
22. Savinykh V.P., Solomatin V.A. Optoelectronic systems of remote sensing of the Earth-Moscow: Nedra, 1995. 240 p.
23. Verkhoturov A.A. Analysis of changes in the state of ecosystems on Atlasov Island (Kuril Islands) // *Vestnik SGUGiT (Siberian State University of Geosystems and Technologies)*. 2020. Vol. 25. No. 3. Pp. 139–150.
24. Zamshin V.V., Chvertkova O.I. Analysis of the time series of space multispectral images in the interests of geoeological monitoring of the oil field development area // *Biological diversity and sustainability of forest and urban ecosystems. The first international readings in memory of G. F. Morozov. Materials of the scientific and practical conference*. 2019. – p. 164–168.

УДК 550.814:551.351: 550.8.014

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЕРЕНОСА ПРИДОННЫХ ОСАДКОВ В ЭКОСИСТЕМЕ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ЗОНЫ ШЕЛЬФА

Ильин Владимир Вениаминович

Старший преподаватель кафедры строительства

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
Россия, 693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: vladimirilyin7@gmail.com*

Сахаров Валерий Александрович

Заведующий лабораторией, кандидат геолого-минералогических наук

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
Россия, 693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: sakhsakh@yandex.ru*

Ильин Николай Владимирович,

Студент

*Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
Россия, 693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: zieqed@gmail.com*

Аннотация

В результате многолетних исследований в прибрежной зоне (п. Охотское, восточное побережье южного Сахалина), были получены количественные характеристики придонного потока осадочного материала. На их основании в придонном потоке выделено три зоны по степени активности переноса осадочного материала: активная (0,0–0,2 м), переходная (0,2–1,0 м) и малоактивная (1,0–1,5 м). Для трех структурных блоков определены объемы ежегодного переноса осадочного материала и определено тектоническое состояние каждого блока (первый блок находится в состоянии подъема, второй блок – в равновесном состоянии, третий – в состоянии опускания, соответственно – эрозии, транспортировки и аккумуляции осадков). В итоге был выявлен один индикатор, по которому можно оценивать гравитационную обстановку и обстановку осадконакопления каждого блока, – это глинистые частицы (размером менее 0,005 мм) в малоактивной зоне придонного потока. Следовательно, множество параметров, составляющих результат взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов экосистемы процесса переноса придонных осадков в прибрежно-морской зоне шельфа, приведенные к индикатору обстановки осадконакопления, могут быть представлены в виде модели состояния экосистемы.

Ключевые слова: шельф, экзогенный и эндогенный факторы, перенос осадочного материала, аккумуляция, седиментация, эрозия, параметры модели, характеристика экосистемы, индикаторы поведения малоразмерных частиц, мониторинг природных процессов, моделирование.

По результатам многолетних наблюдений в заливе Мордвинова (Охотское море) (Рис. 1) выполнен анализ гранулометрического состава придонных осадков и объемов их переноса для различных геоморфологических элементов донного рельефа и связанных с ними структурных блоков [3]. По данным анализа грансостава определен индикатор эндогенного состояния структурных блоков и выполнено структурирование системы.

На формирование и состояние системы процесса переноса и аккумуляции придонных осадков в прибрежно-морской зоне шельфа оказывает влияние широкий комплекс экзогенных и эндогенных факторов [1–4, 7]. Моделирование данной системы основывается на методологии системного анализа, учитывающего многообразие форм и составляющих окружающей природной среды [8]. Система – это целостное природное образование, участок земной коры, покрытый водой с множеством показателей, связей и взаимоотношений между ними, взаимосвязей параметров различных факторов с их суммарным эффектом, характеризующим состояние объекта [5–6].

Моделирование процессов геосистемы и ее входных параметров выполнено с выделением иерархических уровней систем с учетом этапности исследований: на начальном (нулевом) уровне была определена система – участок моря с соответствующими геологическими, океанографическими и геоморфологическими характеристиками и грансоставом переносимого осадочного материала. На следующем (первом) уровне были изучены физические показатели выделенных параметров и создана система базовых данных (Рис. 2).

Рис. 1. Прибрежный участок исследований.

Fig. 1. Coastal Research Area.

Рис. 2. Наблюдения и отбор проб придонного потока.

Fig. 2. Bottom flow observation and sampling.

На втором уровне полученные данные были систематизированы и определены в группы, характеризующие три зоны активности придонного потока, соответственно, определены порождающие системы. На следующем (третьем) уровне по общим признакам были объединены две зоны (активная и переходная) и выделена третья зона (малоактивная) как

носитель поведенческого индикатора эндогенного состояния структурного блока. На четвертом уровне выявлены интегральные связи между системами и определены управляющая и независимая метасистемы. Результат действий независимой метасистемы находится под контролем управляющей метасистемы. Но элементы независимой метасистемы являются индикаторами состояния управляющей метасистемы.

На уровне выявления организации иерархии взаимодействия и интегральных связей экосистемы было выделено два блока переменных, в значительной степени независимых друг от друга по базовым признакам. В первый блок входят переменные, отражающие океанографические показатели и характеристики осадочного материала – экзогенный фактор. Во второй – генезис и геоморфологическая принадлежность точки исследования – эндогенный фактор. Независимо друг от друга два фактора формируют в экосистеме условия, изначально не связанные между собой: экзогенный – приливо-отливные и постоянно действующие течения, волнение и ветер, соленость и температуру; эндогенный фактор проявляет воздействие глубинных структур земной коры – закладывает направление и активность дизъюнктивных нарушений, формирует структурные блоки и обеспечивает условия состояния направленности их движения (вверх-вниз-относительного равновесия). Данные проявления отражают верхний уровень (II) независимых отношений двух факторов (Рис. 3).

На нижнем уровне (I) экзогенный фактор в условиях, созданных его переменными – течениями и ветром, привносит на исследуемый участок осадочный материал, который распределяется по объему и размерам на различных уровнях придонного потока. Эндогенный фактор формирует береговой и донный рельеф, переходную зону от пляжа к локальной возвышенности, в пределах которых идет перенос и аккумуляция осадочного материала и формирование мезорельефа. Происходит активное влияние двух факторов и их переменных друг на друга. Сформированный рельеф оказывает влияние на подход волн к берегу и, соответственно, на характер привноса и отложения осадков. Локальная возвышенность определяет дифракцию и дивергенцию волн. Осадочный материал компенсирует локальные понижения и участвует в строении мезорельефа.

Рис. 3. Схема организации иерархии взаимодействия и интегральных связей экзогенных и эндогенных факторов.

Fig. 3. Organization diagram of the hierarchy of interaction and integral relationships of exogenous and endogenous factors.

На рис. 3 представлено наполнение базовых факторов (таксонами), интегрирующее в себе межкомпонентные отношения. Физически они отражены в послойных объемах переноса осадочного материала и в размерных характеристиках его частиц. Стрелками указано направление взаимодействия между компонентами системы. Данная модель взаимоотношений двух факторов отражает макрорегиональные особенности пространственной структуры восточного шельфа Сахалина, связанной во многом с геолого-геоморфологической структурой территории [2].

На всех уровнях выделения таксонов ведущее значение в их обособлении принадлежит переменным, определяемым эндогенным фактором. На нижних уровнях повышается роль экзогенного фактора.

Физическое наполнение выделенных зон активности переноса осадочного материала в придонном потоке свидетельствует о существенной дискретности выделенных таксонов и их интегральной связи с двумя организующими факторами. В левом блоке рассматривается отображение таксонов через независимые значения всех переменных, в правом – их вклад в вариабельность ландшафтных переменных. При выделении таксонов на первом иерархическом уровне наибольшее индицирующее значение имеет структурная принадлежность исследуемого участка, затем – количественный объем переносимого осадочного материала, далее – его гранулометрический состав.

Комплекс выполненных исследований, результаты лабораторных испытаний, их анализ и оценка интегральных взаимосвязей свидетельствуют о том, что управляющей метасистемой для данного участка шельфа является эндогенная составляющая, которая определяет состояние структурных блоков и обстановки осадконакопления. Экзогенная составляющая, с одной стороны, является независимой метасистемой, поставляющей осадочный материал на участок шельфа, но, с другой стороны, количество осадков будет определяться состоянием структурных блоков и как следствие – развивающимися обстановками осадконакопления и, соответственно, эндогенными факторами. Интегральная связь, характеризующая эндогенную обстановку каждого выделенного структурного блока, проявляется в элементе экзогенного фактора – поведении глинистых частиц в малоактивной зоне придонного слоя.

Схема интегральных взаимосвязей метасистем на основе факторного анализа представлена на рис. 4.

Таким образом, последовательный системный анализ сложных геолого-океанографических систем позволяет не только решить в рамках большого набора статистических методов на количественной основе традиционные задачи построения ландшафтных карт и классификации ландшафта, но и определить размерность географического пространства, физический смысл базовых факторов, построить статистические модели, описывающие поведение в пространстве каждого компонента, выявить их равновесные и неравновесные отношения и описать их размещение по территории. Получаемая общая факторная модель участка с высокой надежностью определяет важнейшие особенности пространственной структуры компонентов и свойств, непосредственно не включенных в анализ, и может рассматриваться как основа при их независимом исследовании.

На основе данной модели представляется возможным по результатам моделирования трансформации компонентов природной среды корректно оценивать тенденции изменения состояния природной среды, поскольку эта модель воспроизводит не только мгновенные изменения состояния компонентов, но и их трансформации во времени и пространстве. А оценка интегральных индикаторов позволяет дать точную оценку факторного наполнения участка исследований и соответственно однозначно оценить состояние объекта, условия осадконакопления, основные тенденции движения осадков и их объемы.

Оперативная работа с геологической, геоморфологической и океанографической информацией при весьма суженном объеме натурных и лабораторных работ (определение индикаторов обстановки) позволяет в ограниченный временной период проверить различные варианты по изменению геоэкологической среды в шельфовой зоне, как в естественных условиях развития, так и вследствие антропогенного воздействия и инженерной деятельности человека.

Рис. 4. Схема интегральных взаимосвязей метасистем на основе факторного анализа.

Fig. 4. Scheme of integral relationships of metasecosystems based on factor analysis.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов И.Н., Жмур В.В. Интенсивные взвесенесущие потоки в придонном слое океана на наклонном дне // Труды МФТИ. – 2010. – Т. 2, № 3. – С. 158–167.
2. Ильин В.В. Эндогенные и экзогенные факторы в процессах эрозии, переноса и аккумуляции осадков на северо-восточном шельфе острова Сахалин // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324, № 1. – С. 17–22.
3. Мониторинг переноса придонного потока осадков в прибрежно-морской зоне шельфа для выявления основных параметров моделей состояния экосистем / В.В. Ильин, В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров, А.А. Гальцев, О.М. Зарипов, Д.В. Долгополов // Известия Томского политехнического университета. – 2016. – Т. 327, № 1. – С. 105–115.
4. Использование данных дистанционного зондирования для исследования мелководий шельфовой зоны / В.А. Мелкий, В.М. Пищальник, А.А. Гальцев, И.В. Еременко, Н.С. Семенов // Земля из космоса – наиболее эффективные решения: материалы 5-й Международной конференции (г. Москва, 29 ноября – 2 декабря 2011 г.). – М.: СпбЭкс, 2011. – С. 144–145.
5. Кларк Дж. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 540 с.
6. Пузаченко Ю.Г. Вопросы моделирования биогеоценотических систем // Фитоактинометрические исследования горных лесов. – Владивосток, 1977. – С. 6–29.
7. Carvajal C. Sediment supply: the main driver of shelf-margin growth // Earth-Science Reviews. – 2009. – № 96, № 4. – P. 221–248.
8. Sanford L.P. Modeling a dynamically varying mixed sediment bed with erosion, deposition, bioturbation, consolidation, and armoring // Comput. Geosci. – 2008. – № 34. – P. 1263–1283.

UDC 550.814:551.351: 550.8.014

PARAMETERS OF THE MODEL FOR THE TRANSPORT OF BOTTOM SEDIMENTS IN ECOSYSTEM OF COASTAL-MARINE ZONE OF SHELF

Vladimir V. Ilyin

*Senior Lecturer of the Construction Department
Oil and Gas Technical Institute of Sakhalin State University
2, Pogranichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693008, Russia. E-mail: vladimirilyin7@gmail.com*

Valeriy A. Sakharov

*Head of the laboratory of engineering and geotechnological research
Oil and Gas Technical Institute of Sakhalin State University
2 Pogranichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693008, Russia. E-mail: sakhsakh@yandex.ru*

Nikolay V. Ilyin

*Student
Oil and Gas Technical Institute of Sakhalin State University
2 Pogranichnaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693008, Russia, student. E-mail: zieqed@gmail.com.*

Abstract

Quantitative characteristics of the bottom flow of sedimentary material were obtained in result of long-term research of coastal zone (Okhotsk settlement, East coast of Southern Sakhalin). Based on these data, three zones be identified in bottom stream according with diferent degree of sedimentary material transfer activity: active (0,0–0,2 m), threshold (0,2–1,0 m) and low-level (1,0–1,5 m). The volumes of annual sedimentary material transfer are determined for three structural blocks and tectonic state of each block was determined (First block is in state of ascent, Second block is in an equilibrium state, Third – is in state of descent, respectively, inclined erosion, transportation and accumulation of precipitation). As result, one indicator was identified that can be used to assess the gravity and sedimentation conditions of each block – these are clay particles (less than 0,005 mm in size) in the low-activity zone of the bottom flow. Consequently, many parameters that are result of the interaction of endogenous and exogenous factors of ecosystem of the process of transport of bottom sediments in the coastal-marine zone of the shelf, given to the indicator of the sedimentation situation, can be represented as model of state it ecosystem.

Keywords: *shelf, exogenous and endogenous factors, sedimentary material transfer, accumulation, sedimentation, erosion, characteristics of ecosystem, indicators of small-sized particles behavior, monitoring of natural processes, modeling.*

REFERENCES

1. Zavialov I.N., Zhmur V.V. Intense bears a suspension flows in the bottom layer of the ocean on a sloping bottom // Proceedings of MIPT. 2010. Vol. 2, No. 3. Pp. 158–167.
2. Ilin V.V. Endogenous and exogenous factors in the processes of erosion, transport and accumulation of sediments on the northeastern shelf of Sakhalin Island // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. 2014. Vol. 324, No. 1. Pp. 17–22.
3. Monitoring the transport of bottom sediment flow in the coastal-marine zone of the shelf to identify the main parameters of ecosystem models / Ilin V.V., Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Galtsev A.A., Zaripov O.M., Dolgoplov D.V. // Proceedings of Tomsk Polytechnic University. 2016. Vol. 327, No. 1. Pp. 105–115.
4. Use of remote sensing data for investigation of the shallow waters shelf zone. Earth from space – the most effective solutions: proceedings of the 5th International conference (Moscow, 29 November – 2 December 2011) / Melkiy V.A., Pishchalnik V.M., Galtsev A.A., Eremenko I.V., Semenov N.S. – M.: ScanEx, 2011. Pp. 144–145.
5. Klir G. Automation of solving system problems. M.: Radio and communications, 1990. 540 p.
6. Puzachenko Yu.G. Modeling of a biogeocenosis systems // Photoclinometric studies of mountain forests. Vladivostok, 1977. Pp. 6–29.
7. Carvajal C. Sediment supply: the main driver of shelf-margin growth // Earth-Science Reviews. 2009. No 96(4). P. 221–248.
8. Sanford L.P. Modeling a dynamically varying mixed sediment bed with erosion, deposition, bioturbation, consolidation, and armoring // Comput. Geosci. 2008. No 34. P. 1263–1283.

УДК 502.17

РЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА ПРОЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ПРИРОДНЫХ РИСКОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА

Никулина Ирина Владимировна*Научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли
Сахалинский государственный университет**693000, Россия, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический проспект, 33.**Тел. +7(924) 180-61-12. E-mail: IrinkaEremenko@yandex.ru***Никонова Елизавета Викторовна***Ведущий ГИС-картограф**ООО «Экологическая компания Сахалина»**693010, Россия, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический проспект, 21.**Тел. +7(905) 500-58-25, e-mail: rta_nikonova@bk.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются региональные особенности проявления природных рисков, связанные с выходами бурых медведей в зоны ведения полевых работ на объектах нефтегазового сектора. При ежегодном обслуживании трассы нефтепровода в летний сезон с 2014 по 2019 гг. встречи с животными происходили редко, за весь период наблюдений отмечено всего 9 случаев. В 2020 г. количество встреч в среднем увеличилось в 14 раз. При этом большинство зарегистрированных особей питались травянистой растительностью, преимущественно клевером, используемым для рекультивации нарушенных территорий в зоне прохождения трубопровода. При встрече с человеком медведи неохотно покидали участки кормления или оставались на месте. За весь период наблюдений отмечены 2 конфликтные ситуации между человеком и бурым медведем.

Ключевые слова: *природный риск, безопасность, трасса трубопровода, мониторинг, бурый медведь.*

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации магистральных нефтегазопроводов обязательным условием является проведение экологического мониторинга и производственного контроля в коридоре трассы трубопровода и прилегающих территорий. Регулярные геоботанические, почвенные, инженерно-геологические и другие наблюдения позволяют выявить и в последствии предотвратить возможные отрицательные воздействия на окружающую среду, минимизировать риски возникновения аварий. Обслуживание трассы трубопровода включает в себя работы по вырезке древесно-кустарниковой растительности, восстановлению глубины заложения трубопроводов, восстановление естественного растительного покрова и др. [1, 2].

Все эти работы связаны с периодическим присутствием персонала в зоне трассы трубопровода. При проведении маршрутных обследований могут возникать природные опасности, с разной степенью рисков, такие как неблагоприятные метеорологические условия, геодинамические явления, встречи с дикими животными, главным образом, бурым медведем, который повсеместно распространён на территории о. Сахалин. Для определения динамики выходов животных, их поведения при встрече с человеком в зонах трассы трубопровода в летний период проведены дополнительные наблюдения, включающие в себя визуальную регистрацию медведей на маршруте и фиксацию характера встреч. Обработка полученных материалов производилась на основе программного комплекса Научно-исследовательской лаборатории дистанционного зондирования Земли Сахалинского государственного университета (НИЛ ДЗЗ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Визуальная регистрация животных на маршруте. Исследования проводились в коридоре трассы трубопровода и на прилегающих территориях в летний период – с третьей декады июня до третьей декады июля с 2014 по 2020 гг. Продолжительность маршрута составляла более 250 км/год. Визуальная регистрация встреченных особей бурого медведя со-

проводилась занесением локаций в GPS-навигатор и фиксацией на цифровой фотоаппарат. Характер встреч и поведение животных фиксировались в формах «Визуальной встречи с медведем на маршруте», где отмечались: размер, цвет, состояние, наличие медвежат, активность медведя, реакция на человека и др.

Программная обработка. Все полученные данные организованы в базу данных НИЛ ДЗЗ и преобразованы в цифровой формат. Для анализа полученных характеристик использованы космические снимки КА Sentinel-2, цифровая модель рельефа, топографическая основа. Работа с пространственными данными, подготовка рабочих слоев производилась на основе ПО ArcGIS Desktop 10.2 [3].

Результаты исследований размещены на геопортале НИЛ ДЗЗ [4] и дополнены к тематической карте «Бурый медведь» (Рис. 1).

Рис. 1. Пример визуализации разноформатных данных с определённым местоположением встреч бурого медведя в районе трассы трубопровода на тематической карте геопортала.

Fig. 1. Example of visualization of multifformat data with a specific location of brown bear encounters in the pipeline route area on the geoportall thematic map.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В 2020 г. при проведении экологического мониторинга на трассе трубопровода и прилегающих территорий зарегистрирована 21 встреча с бурым медведем. При этом в период с 2014 по 2019 гг. отмечались лишь единичные встречи на маршруте (Рис. 2).

Анализ проведенных исследований, главным образом в 2020 г., показал, что все особи – средней упитанности, средних размеров. Из общего числа наблюдаемых медведей – 5 самок с медвежатами первого и второго года жизни.

Большинство животных питались травянистой растительностью – 90 % случаев, остальные 10 % отдыхали, шли вдоль трассы, скрывались из вида за дорожными знаками, кустами, деревьями.

Реакция на человека проявлялась неоднозначно: в 45 % случаев животные не обращали внимания на наблюдателей и оставались на месте, 40 % – убегали, 10 % – не видели наблюдателей. При этом некоторые медведи, обнаруженные вдоль автомобильной дороги, подходили к останавливающимся машинам, попрошайничали. Отмечен случай агрессивного поведения медведицы с медвежонком, которая сделала несколько выпадов в сторону наблюдателей. Самка не реагировала на шумовые сигналы и находилась неподалеку во время ведения работ на участке трассы трубопровода (Рис. 3).

Стоит отметить, что зафиксированы неоднократные случаи поедания медведем клевера, как на трассе трубопровода, так и вблизи автодороги, при этом животные неохотно покидали эти участки при встрече с человеком или оставались на месте (Рис. 4). Клевер используется в качестве рекультивации нарушенных территорий и, как выяснилось, привлекает сюда животных для пастбы. В листьях содержится высокое содержание растительного белка (23 % сырого протеина), что имеет особое значение для восполнения энергетических затрат медведя в весенне-летний период.

Прокладка трубопроводов приводит к сокращению лесных территорий, их фрагментации, увеличивает уровень беспокойства для диких животных [5]. В свою очередь, бурый медведь, являясь толерантным и легко приспосабливающимся к более легкодоступным условиям видом, использует трубопроводные коридоры как для перемещений, так и потребления интродуцированных калорийных видов растений. Это может менять характер поведения и предпочтений, а новые привычки передаваться потомству.

Рис. 2. Количество встреч с бурым медведем с 2014 по 2020 гг.

Fig. 2. Number of brown bear encounters from 2014 to 2020.

Рис. 3. Поведение медведя при встрече с человеком по результатам наблюдений за период с 2015 по 2020 гг.

Fig.3. Action of a bear when meeting a human based on the results of observations for the period from 2015 to 2020.

Важно отметить, что на территории о. Сахалин, несмотря на зарегистрированные случаи агрессивного поведения бурого медведя по отношению к человеку, чаще всего нападение происходит по причине близкого контакта с животными, спровоцированного самим человеком – прикормом, несоблюдением правил поведения при встрече с медведем. В июне 2020 г. произошло смертельное нападение медведя на руководителя группы геодезистов в лесном массиве у автодороги Смирныховского района. Специалист нарушил правила безопасности при ведении работ в полевых условиях – отделился от группы и не имел средств защиты от диких животных.

Для минимизации уровня риска и обеспечения безопасного ведения работ необходимо: учитывать сезонные периоды, условия местности; иметь комплект отпугивающих средства от диких животных и знать последовательность и правила их использования; регулярно участвовать в лекциях по темам: «Особенности обитания сахалинской популяции бурого медведя» (для понимания пространственных и сезонных предпочтений животных), «Правила поведения при встрече с бурым медведем».

Рис. 4. Питание медведей травянистой растительностью в районе трассы трубопровода

Fig. 4. Feeding bears with grassy vegetation in the area of the pipeline route.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие нефтегазового сектора имеет большое значение для социально-экономического развития области. Островная изолированность Сахалина определяет специфические региональные особенности ведения производственной деятельности и обитания животных на сопредельных территориях. Увеличение количества встреч с бурым медведем в районе трассы трубопровода – проявление изменяющихся условий среды обитания вида, происходящих, главным образом, под воздействием антропогенных факторов. Для выявления закономерностей динамики выходов животных в зону трубопроводных коридоров необходимо проведение ежегодных сезонных наблюдений. Соблюдение правил безопасности при ведении работ в полевых условиях позволит снизить риски, как для человека, так и для самих животных, не провоцируя их на конфликты и в дальнейшем на отстрел конфликтных особей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт компании «Эксон Нефтегаз Лимитед». Отчет о деятельности в области окружающей среды. – URL: <https://www.sakhalin-1.com/ru-RU/Environment-and-safety/> (20.10.2020)
2. Экологический мониторинг и мероприятия по снижению уровня возможного негативного воздействия трубопроводов (проект «Сахалин-2») на окружающую среду острова Сахалин / В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров, Д.В. Долгополов, А.Н. Бурыкин, В.В. Ильин, А.А. Гальцев, О.М. Зарипов, Д.Г. Новиков, Я.П. Белянина, И.В. Еременко // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4. – С. 101–108.
3. Геоинформационное биогеографическое картографирование состояния островных экосистем по данным дистанционного зондирования земли / И.В. Никулина, И.Г. Минервин, В.А. Мелкий, А.В. Радченко // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, №1. – С. 194–210.
4. Организация хранения и обработки пространственных гидрометеорологических данных на основе веб-геоинформационных платформ / И.В. Никулина, Е.В. Никонова, В.А. Романюк, Д.В. Дорофеева // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России : материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск, ФГБОУ ВО «ИГУ», 25–27 ноября 2020 г. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2020. – С. 360–365.
5. Никулина И.В. Влияние геоэкологической обстановки на состояние популяции бурого медведя и обеспечение безопасности работ на территории // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения. Материалы первой национал. науч.-практ. конф. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2018. – С. 10–11.

UDC 502.17

REGIONAL SPECIFICS OF HIDDEN NATURAL RISKS IN THE OIL AND GAS SECTOR

Irina V. Nikulina*Scientific worker of the Research laboratory for remote sensing of the Earth
Sakhalin State University**693000, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Communist prospect, 33.
Phone. +7(924) 180-61-12. E-mail: IrinkaEremenko@yandex.ru***Elizaveta V. Nikonova***Leading GIS cartographer
Sakhalin Environmental company, LLC**693010, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Communist prospect, 21. Phone. +7(905) 500-58-25, e-mail: rta_nikonova@bk.ru*

Abstract

The article deals with regional features of natural risks associated with brown bears entering the field work zones at oil and gas sector facilities. During the annual maintenance of the pipeline route in the summer season from 2014 to 2019, animal encounters were rare, and only 9 cases were recorded during the entire observation period. In 2020, the number of meetings increased by an average of 14 times. At the same time, most of the registered individuals fed on grassy vegetation, mainly clover, used for reclamation of disturbed territories in the pipeline passage zone. When encountering a human, the bears were reluctant to leave the feeding areas or stay put. During the entire observation period, there were 2 conflict situations between a human and a brown bear.

Keywords: natural risk, pipeline route, monitoring, brown bear.

REFERENCES

1. Official website of the company "Exxon Neftegaz Limited". Report on activities in the field of environment. – URL: <https://www.sakhalin-1.com/ru-RU/Environment-and-safety/> (20.10.2020)
2. Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Dolgoplov D.V., Burykin A.N., Ilin V.V., Gal'tsev A.A., Zaripov O.M., Novikov D.G., Belyanina Ya.P. & Eremenko I.V. Environmental monitoring and activities to reduce potential negative impact of the pipelines (Project "Sakhalin-2") on the environment of Sakhalin Island. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka* [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]. 2015. No 4. 101–108 [in Russian].
3. Nikulina I.V., Minervin I.G., Melkiy V.A., Radchenko A.V. Geoinformation biogeographic mapping of island ecosystems by remote sensing data. *Vestnik SGUGiT* [Vestnik SSUGT], 2020. 25 (1). Pp. 194–210 [in Russian].
4. Nikulina I.V., Nikonova E.V., Romanyk V.A., Dorofeeva D.V. Organization of storage and processing of spatial hydrometeorological data based on web geoinformation platforms. Current trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia: Materials of the III All-Russian scientific and practical conference (Irkutsk, FGBOU VO «IGU», 25–27 November 2020). Irkutsk: IGU publishing, 2020. Pp. 360–365 [in Russian].
5. Nikulina I.V. The influence of the geoecological situation on the state of the brown bear population and ensuring the safety of work on the territory. *Neftegazovyy kompleks: problem i resheniya* Material's pervoy nacionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Oil and Gas Complex: Problems and Solutions Proceedings of the First National Scientific and Practical Conference]. Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhsu Publ. 2018. Pp. 10-11. [in Russian].

УДК 332.3:528.4

АНАЛИЗ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ХОЗЯЙСТВА

Верхотуров Алексей Александрович

*Старший научный сотрудник Центра коллективного пользования, кандидат технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. E-mail: ussr-91@mail.ru*

Мелкий Вячеслав Анатольевич

*Ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканоопасности, доктор технических наук
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук
693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б. E-mail: vamelkiy@mail.ru*

Лобищева Инна Ивановна

*Старший преподаватель кафедры геологии и нефтегазового дела
Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета
Россия, 693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 2. E-mail: slalinna@mail.ru*

Аннотация

Отраслевая структура хозяйства Сахалинской области отражает наличие ресурсного потенциала. Выбор направлений сегодняшней и предстоящей хозяйственной деятельности испытывает определенные сложности с позиций обеспеченности природными ресурсами. Анализ природно-ресурсного потенциала Сахалинской области показал, что при выборе направлений предстоящей хозяйственной деятельности с точки зрения обеспеченности ресурсами в качестве основных, кроме добычи горючих полезных ископаемых, следует развивать добычу, воспроизводство и переработку ВБР, туристскую деятельность, развитие дорожно-транспортной инфраструктуры и обеспечение грузопассажирских перевозок.

Ключевые слова: природные ресурсы, минерально-сырьевая база, запасы леса, водно-биологические ресурсы, рекреационный потенциал, дорожная инфраструктура.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе промышленного развития человечество подошло к рубежу использования природных ресурсов, переход через который угрожает экологической безопасности. Трудности России на современном этапе развития как субъекта хозяйствования в природной среде, воздействие внешних кризисных проявлений со стороны мирового экономического пространства, последствия стихийных бедствий, истощение природных ресурсов затрудняют выработку совершенной единой национальной концепции устойчивого развития. Преодоление бедности населения требует развития производства, в том числе увеличения темпов добычи сырья и его переработки, что негативно воздействует на биосферу и делает невозможным простое воспроизводство природных ресурсов, не говоря уже об их расширенном воспроизводстве. При этом возникает необходимость оценки ресурсного потенциала для понимания обеспеченности хозяйственной деятельности на территории, формирования отраслевой структуры, позволяющей сохранять природную среду Земли для последующих поколений при повышении благосостояния населения в настоящее время и в перспективе. Корректная оценка ресурсов возможна в результате кропотливой работы специалистов, работающих в сфере исследования их отдельных видов: минерально-сырьевых, водных, энергетических, земельных, растительных и животных биоресурсов.

В Сахалинской области существуют определенные сложности в выборе направления сегодняшней и предстоящей хозяйственной деятельности с точки зрения обеспеченности природными ресурсами. Большим преимуществом является факт сконцентрированности сырья на относительно компактной территории. В то же время условия природопользования осложняются многочисленными природными катаклизмами: землетрясениями, мокрыми снегопадами, сходом снежных лавин, оползнями, штормовыми ветрами и нагонами, цунами, наводнениями при прохождении тайфунов. Как оценка ресурсного потенциала, так и

обеспечение безопасной эксплуатации добывающих и перерабатывающих промышленных комплексов требуют актуальных качественных данных о состоянии объектов инфраструктуры и окружающей среды, которые можно получить только при хорошо организованном мониторинге, использующем данные контактных наземных измерений и дистанционного зондирования Земли. Так разработку каждого месторождения следует сопровождать сейсмическим мониторингом, безопасность проживания на вулканопасных территориях обеспечивать наблюдением за состоянием вулканов. Несомненно, это будет увеличивать затраты государственных средств на поддержку функционирования системы мониторинга, но такие меры необходимы [1].

Рациональное природопользование – достаточно сложный механизм, так как добыча любого ресурса обеспечивается трудом людей, предприятий, производственных комплексов, интересы которых нередко не совпадают. Существуют противоречия природопользования между нефтегазодобывающими компаниями и рыбодобывающими отраслями, лесопромышленными и рыболовными предприятиями. Только государственное регулирование позволит разграничить сферы деятельности конкурирующих отраслей. Для начала следует определиться с наличием ресурсов.

Сахалинская область располагает значительными запасами углеводородного сырья, угля, биологическими ресурсами моря и леса. Основная составляющая добытой продукции направляется на экспорт (Табл. 1).

Табл. 1. Экономическая оценка и современное использование основных природных ресурсов в Сахалинской области.

Table 1. Economic assessment and current use of the main natural resources in Sakhalin the region.

Природные ресурсы	Запасы	Объем товаров, отгруженных на экспорт в 2019 г.	Стоимость отгруженных товаров в 2019 г., долл. США
Нефть	3,8 млрд. т.	18,3 млн. т.	9,2 млрд.
Газ	4,0 млрд. т.	11,1 млн. т. (СПГ)	4,5 млрд.
Уголь	9,6 млрд. т.	10,7 млн. т.	504,0 млн.
Морские биоресурсы	6,3 млн. т.	296,3 тыс. т.	819,6 млн.
Лес	618 млн. м ³	–	–
Итого	–		

На о. Сахалин открыто 64 месторождения углеводородов (УВ) (11 нефтяных, 9 нефтегазовых, 13 газонефтяных, 9 нефтегазоконденсатных, 16 газовых и 6 газоконденсатных). В прилегающем шельфе Охотского моря находятся 19 месторождений, одно (Изыльметьевское-Г) – в пределах Японского моря. Из них нефтяных – 4, газовых – 2, газоконденсатных – 3 и нефтегазоконденсатных месторождений – 10. Суммарные геологические ресурсы углеводородного сырья Сахалинской нефтегазоносной области оцениваются в 7,8 млрд. т УТ., в том числе нефти – 3800 млн т, свободного газа – 3300 млрд. м³, конденсата – 250,5 млн. т. На сахалинский шельф приходится 76 % ресурсов нефти, или 2900 млн. т; 90 %, или 2970 млрд. м³ свободного газа; 96 % конденсата, или 238 млн т. [2].

Динамика цен на нефть за 20-летний период неоднократно демонстрировала взлеты и падения, что отражено на приведенном графике (Рис. 1). Все значительные изменения стоимости нефти были связаны с разными заметными историческими событиями: всплеск сланцевой добычи в США и замедление роста мирового экономического развития (2014), сделка ОПЕК+ о снижении добычи (2016), начало торговой войны США и Китая (конец 2018), отказ от сделки ОПЕК+ (2020). Цены на нефть сейчас очень неустойчивы. Компании, занятые разведкой и добычей, вполне рентабельные при высоких ценах, начинают терпеть значительные убытки после падения котировок. Развитие региона не должно ориентироваться на одну нефтегазодобывающую отрасль, чтобы не претерпевать взлёты и падения вместе с колебаниями цен на углеводородное сырьё.

Рис. 1. График динамики цен на нефть с 1995 года за последние 25 лет.

Fig. 1. Graph of oil price dynamics since 1995 for past 25 years.

На территории о. Сахалин расположено 57 угольных месторождений и 11 угленосных площадей. Угли бурые и каменные. Коксующиеся угли составляют 9,9 % от запасов каменных углей (Углегорский и Александровский угленосные районы) [3]. Балансом запасов углей в области по состоянию на 1.01.2020 учтено 27 месторождений с общими балансовыми запасами 2625,7 млн т. Запасы угля категорий А+В+С1 на действующих предприятиях Сахалинской области в 2019 году уменьшились на 12867 тыс. т. Объемы добычи угля постоянно растут (Рис. 2). Уменьшение балансовых запасов произошло за счет добычи (12563 тыс. т) и потерь при добыче (304 тыс. т). Увеличение запасов происходит за счет разведочных работ.

Рис. 2. Динамика добычи угля в Сахалинской области.

Fig. 2. The dynamics of coal mining in the Sakhalin region.

Доля остальных полезных ископаемых в составе минерально-сырьевой базы региона незначительна (Табл. 1) и не может оказать существенного влияния на возможную реструктуризацию хозяйственного комплекса. Стоит отметить большое разнообразие видов минерального сырья (Рис. 3). Однако результаты проведенных в последние годы геологоразведочных работ свидетельствуют о том, что добыча золота и серебра может быть значительно увеличена благодаря выявлению мелких и средних месторождений на Курильских островах [5].

Табл. 2. Состояние прогнозных ресурсов полезных ископаемых Сахалинской области (на 15.06.2020 г.) [6].

Table 2. The state of the forecast mineral resources in Sakhalin region (as 15.06.2020 г.) [6].

Углеводородное сырье			
	С3	Д1+2	
Нефть	123,3 млн т	163,3 млн т	
Свободный газ	228,3 млрд м³	36,99 млрд куб.м	
Конденсат	7,7 млн т	0,26 млн т	
Твердые полезные ископаемые			
	P1	P2	P3
Уголь	3 387 млн т	5 282 млн т	2 620 млн т
Золото	58 т	50 т	180 т

Рис. 3. Структура минерально-мырьевой базы твердых полезных ископаемых Сахалинской области [5].

Fig. 3. Structure of base solid mineral products of the Sakhalin region [5].

Предприятия лесопромышленного комплекса Сахалинской области в 2019 году заготовили 276,1 тыс. м³ древесины. В лесопромышленной деятельности принимали участие 94 организации различных форм собственности и индивидуальных предпринимателей, численностью 1600 человек. В консолидированный бюджет области за год поступило 102,7 млн руб. налоговых и неналоговых платежей. На возмещение расходов на производство лесовосстановительных работ направлено 2,0 млн руб.

Общий объем вылова морских и прибрежных биологических ресурсов Сахалино-Курильского региона в 2019 г. у Сахалина и Курил достиг 865 тыс. т. Вылов тихоокеанских лососей составил 81,6 тыс. т, прочих видов водных биоресурсов (ВБР) – 783,4 тыс. т. В последние годы наблюдается значительный и устойчивый рост годовых уловов ВБР в Сахалинской области.

Сахалинская область располагает высоким рекреационным потенциалом, чему способствуют наличие разнообразных памятников природы, активных вулканов, многообразие ландшафтов, культурно-исторических достопримечательностей, условий для развития различных зимних и летних видов спорта (дайвинг, кайтинг, горнолыжный спорт, серфинг и др.) [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ природно-ресурсного потенциала Сахалинской области показал, что при выборе направлений предстоящей хозяйственной деятельности с точки зрения обеспеченности ресурсами в качестве основных следует рассматривать, кроме добычи горючих полезных ископаемых, во-первых, добычу, воспроизводство и переработку ВБР, во-вторых, туристскую деятельность, в-третьих, развитие дорожно-транспортной инфраструктуры и обеспечение грузопассажирских перевозок.

Наиболее крупные и эффективные ресурсы нефти, газа и угля уже добываются. При этом горно-геологические условия эксплуатации ухудшаются. Сложный характер геологических условий требует совершенствования технологии освоения. В нефтяной промышлен-

ности следует использовать технологии извлечения ресурсов с повышением отдачи пластов. Необходимо уделять особое внимание развитию нефтехимического производства с глубокой переработкой сырья.

В условиях истощения промышленных запасов леса вблизи действующей дорожной сети промышленное использование лесов мелкими лесозаготовительными предприятиями невозможно без усугубления экологических проблем. Малые предприятия не способны организовать прокладку дорог к местам рубок. Поэтому требуется организация предприятий, которые будут заниматься в комплексе лесозаготовками, лесовосстановлением и глубокой переработкой древесины.

Регион имеет все возможности для производства марикультуры и аквакультуры. При этом необходимо совершенствовать нормативно-правовое законодательство, а также стимулировать развитие этой деятельности поддержкой со стороны государства.

Использование туристско-рекреационного потенциала в полной мере возможно только при условии обеспечения транспортной доступности (наличие моста Сахалин-материк, развитие дорожной сети, аэропортов и морского сообщения) [8, 9].

Важным инструментом перспективного развития Сахалинской области должно стать экологическое районирование и зонирование территорий, выбранных в качестве объектов интенсивного промышленного развития.

Устойчивое развитие Сахалинской области обеспечивается оптимизацией взаимодействия трех основных факторов: возможностей природной среды, масштабов и степенью государственного и общественного регулирования природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхотуров А.А., Мелкий В.А., Гальцев А.А. Научные основы разработки системы регионального мониторинга природных условий и ресурсов // Избранные проблемы и перспективные вопросы землеустройства, кадастров и развития территорий – 2017: Коллективная монография / Абросимов В.В., Аврунев Е.И., Антонова О.М., Атаманов С.А., Басова И.А и др.; под общ. ред. А.П. Сизова. – Москва: РУСАЙНС, 2018. – С. 156–165.
2. Минеральные ресурсы Сахалинской области и перспективы их использования / А.В. Романов, А.С. Чибисов, В.А. Мелкий, А.А. Верхотуров // Горный журнал. – 2017. – №7. – С. 17–24. – DOI: 10.17580/gzh.2017.07.03
3. Верхотуров А.А., Мелкий В.А. Угольные ресурсы Сахалинской области // Горный журнал – 2017. – № 7. – С. 24–28.
4. Мелкий В.А., Верхотуров А.А. Россыпи железосодержащих минералов в Сахалинской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 1. – С. 6–18. – DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Сахалинской области в 2019 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Сахалинской области. – Южно-Сахалинск, ООО «Эйкон», 2020. – 192 с.
6. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Сахалинской области на 15.06.2020 г. (с прилегающим шельфом). – СПб.: ВСЕГЕИ. – URL: http://atlaspacket.vsegei.ru/_Documents/MSB_2020/Spravki_MSB_Hydro_28082020/ДФО/Сахалинская%20область.pdf?554.622067707546 (дата обращения 02.12.2020).
7. Ким Ок Сен, Назарова Л.Х. Туризм и рекреационные возможности Сахалина и Курильских островов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 10-2 (49) – С. 103–112.
8. Мелкий В.А., Братков В.В., Верхотуров А.А. Геологические и геоморфологические предпосылки выбора места транспортного перехода «Материк–Сахалин» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 1. – С. 158–170.
9. Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Пищальник В.М., Братков В.В. Климатические и гидрологические факторы, действующие в районе створа для строительства моста «Сахалин-материк» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 9. – С. 108–121.

UDC 332.3:528.4

CONDITION OF THE SYSTEM OF STATE MONITORING OF LANDS IN THE SAKHALIN REGION

Alexey A. Verkhoturov

*Senior Researcher of the Center for Collective Use, Candidate of Technical Sciences
Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str., 1B. E-mail: ussr-91@mail.ru*

Vyacheslav A. Melkiy

*Leading researcher of the laboratory of Volcanology and volcano hazard, Dr. Sc.
Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
693022, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str., 1B. E-mail: vamelkiy@mail.ru*

Inna I. Lobishcheva

*Senior lecturer
Sakhalin State University
693023, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, Nauki str., 1B. E-mail: slalinna@mail.ru*

Abstract

The sectoral structure of economy of the Sakhalin region reflects the availability of resource potential. The choice of directions for today's and upcoming economic activities is experiencing certain difficulties from standpoint of natural resources security. Analysis of natural resource potential of the Sakhalin region showed that choice of directions of future economic activity from perspective of resource availability as major should be considered, in addition to production of fossil fuels, it is necessary to develop production, reproduction and processing of water-biological resources, tourist activities, development of road transport infrastructure and passenger transportation.

Keyword: *natural resources, mineral resource base, forest reserves, water and biological resources, recreational potential, road infrastructure.*

REFERENCES

1. Verkhoturov A.A., Melkiy V.A., Galtsev A.A. Scientific bases of development of the system of regional monitoring of natural conditions and resources. Selected problems and perspective issues of land management, cadastre and development of territories – 2017: Collective monograph / Abrosimov V.V., Avrunov E.I., Antonova O.M., Atamanov S.A., Basova I.A. and others; under the General ed. of A.P. Sizov. Moscow: RUSAINS, 2018. Pp. 156–165.
2. Mineral resources of the Sakhalin region and prospects for their use / A.V. Romanov, A.S. Chibisov, V.A. Melkiy, A.A. Verkhoturov // Mining journal. 2017. No. 7. Pp. 17–24. DOI: 10.17580/gzh. 2017.07.03
3. Verkhoturov A.A., Melkiy V.A. Coal resources of the Sakhalin region // Mining journal. 2017. No. 7. Pp. 24–28.
4. Melkiy V.A., Verkhoturov A.A. Placers of iron-containing minerals in the Sakhalin region // Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources. 2019. Vol. 330, No. 1. – P. 6–18. DOI: 10.18799/24131830/2019/1/46
5. Report on the State and environmental protection of the Sakhalin region in 2019 / Ministry of natural resources and environmental protection of the Sakhalin region. Yuzhno-Sakhalinsk, Akon LLC, 2020. 192 p.
6. Certificate on the state and prospects of using the mineral resource base of the Sakhalin region for 15.06.2020 (with the adjacent shelf). Sankt-Peterburg: VSEGEI. Available at: http://atlaspacket.vsegei.ru/_Documents/MSB_2020/Spravki_MSB_Hydro_28082020/DFO/Sakhalin%20region.pdf?554.622067707546 (accessed 02.12.2020).
7. Kim Ok Sen, Nazarova L.H. Tourism and recreational opportunities of Sakhalin and the Kuril Islands // international journal of Humanities and Sciences. 2020. No. 10–2 (49). P. 103–112.
8. Melkiy V.A. Bratkov V.V., Verkhoturov A.A. Geological and geomorphological background the choice of location of the transport passage of the «Continent–Sakhalin». Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources. 2020. Vol. 331. No. 1. Pp. 158–170.
9. Climatic and hydrological factors operating in the area of the alignment for the construction of the Sakhalin-mainland bridge / V.A. Melkiy, A.A. Verkhoturov, V.M. Pishchalnik, V.V. Bratkov // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of geo-resources. 2020. Vol. 331, No. 9. Pp. 108–121.

Оргкомитет конференции:***Богомолов Леонид Михайлович***

д.ф.-м.н., директор Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск;

Аврунев Евгений Ильич

к.т.н, директор Института кадастра и природопользования СГУГиТ, г. Новосибирск;

Братков Виталий Викторович

д.г.н, заведующий кафедрой географии МИИГАиК, г. Москва;

Мелкий Вячеслав Анатольевич

д.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканоопасности Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск;

Радченко Андрей Васильевич

д.ф.-м.н., профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск.

Технический секретарь:***Верхотуров А.А.***

ст. научный сотрудник Центра коллективного пользования Института морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск.

Организаторы:

- Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМГиГ ДВО РАН), г. Южно-Сахалинск.
- Сахалинский государственный университет (СахГУ), г. Южно-Сахалинск.
- Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ), г. Новосибирск.
- Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), г. Москва.

Для заметок

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ,
СЕЙСМИЧНОСТЬ, АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ,
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

МАТЕРИАЛЫ

Третьей национальной научно-практической конференции
с международным участием

Редакторы: канд. физ.-мат. наук А.С. Закупин
д-р техн. наук В.А. Мелкий
канд. техн. наук А.А. Верхотуров

Электронная верстка: А.В. Леоненкова

Дизайн обложки: А.В. Леоненкова

Корректор: И.П. Кремнева

Отпечатано с оригинал-макета,
подготовленного в Институте морской геологии и геофизики ДВО РАН

Подписано в печать 27.04.2021 г.
Усл. печ. лист. 12,6. Уч.-изд. лист. 9,4.
Формат 60×84/8. Бумага «Allround».
Тираж 100 экз. Заказ № 7940.
Печать цифровая.

Отпечатано в ФГБУН Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения РАН
693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б
Участок офсетной и оперативной полиграфии.