15. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition // Proceedings of the International Conference on Learning Representations — ICLR 2015. San Diego, California, USA, 2015. P. 1-14.

16. Smirnov E. A., Timoshenko D. M., Andrianov S. N. Comparison of regularization methods for imagenet classification with deep convolutional neural networks. 2014. Vol. 6. Iss. 1. P. 89-94.

17. Tereliansky P. V., Rogachev A. F., Melikhova E. V. Learning of Convolutional Neural Networks in the Tasks of Land Use Digitization Based on CUDA Technologies // Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. Studies in Systems, Decision and Control. 2021. V. 314.

18. Three-Dimensional ResNeXt Network Using Feature Fusion and Label Smoothing for Hyperspectral Image Classification / P. Wu [et al.] // Sensors. 2020. V. 20. P. 1652.

Ilya S. Belousov, postgraduate, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), <https://orcid.org/0000-0003-4415-8742>, neznaukakanazvatmail@gmail.com

Alexey F. Rogachev, Professor, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Информация об авторах

Белюсов Илья Станиславович, аспирант кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) <https://orcid.org/0000-0003-4415-8742>, neznaukakanazvatmail@gmail.com

Рогачев Алексей Фруминович, профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46

THE QUESTION OF PLANNING AND CONDUCTING OF LOCAL STUDIES OF DIFFUSE POLLUTION OF WATER OBJECTS

A.V. Slabunova, A. P. Surovikina, E. V. Komarova

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute of Melioration Problems», Novocherkassk

Received 28.04.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. The purpose of the study is to determine the main criteria for planning and conducting field studies in the study of diffuse pollution of water objects in areas of intensive agricultural activity. **Object.** The object of the study was the manifestation of diffuse pollution of the drainage areas of water objects in the zones of intensive agricultural activity. **Materials and methods.** The methodology of the proposed plan for carrying out full-scale (field) studies of diffuse pollution of water objects is based on the results of research works of the authors who previously studied this problem, and the regulatory aspect. The method of systematic analysis, comparison and generalization of data was used.

Results and conclusions. The article presents: a set of main tasks solved during field research, and a general plan of work in the study of diffuse pollution of water objects from catchment areas in areas of intensive agricultural activity, covering all the features, manifestations and factors that determine diffuse pollution. It has been established that most of the pollutants from the catchment area enter the water object with diffuse runoff caused by water erosion. The main negative load of diffuse pollution falls on small rivers with agricultural land in the catchment area. Today, the problem of accounting for the uncontrolled intake of pollutants into a water object is the lack of full, reliable information on the mechanism of diffuse pollution. In this regard, it is necessary to fully study the features and nature of diffuse pollution of water objects in zones of intensive agricultural activity in accordance with the established criteria: the complexity of research (observations are carried out in the «catchment + water object» complex), taking into account the frequency of manifestation of diffuse pollution water objects, taking into account the spatial distribution of diffuse pollution in the catchment area of a water object.

Key words: *water object, diffuse pollution, implementation plan, comprehensive field study, field observation, pollutant, section, drainage area.*

Citation. Slabunova A.V., Surovikina A. P., Komarova E. V. The question of planning and conducting of local studies of diffuse pollution of water objects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63) 448-459 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46.

Author's contribution. All authors of the present study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 556.164:556.555.8

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. В. Слабунова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

А. П. Суровикина, младший научный сотрудник

Е. В. Комарова, младший научный сотрудник

*ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия*

Дата поступления в редакцию 28.04.2021

Дата принятия к печати 23.08.2021

Актуальность. Цель исследования – определить основные критерии планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Объект.** Объектом исследования являлось проявление диффузного загрязнения водосборных территорий водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Материалы и методы.** Методология предлагаемого плана проведения натурных (полевых) исследований диффузного загрязнения водных объектов основана на результатах исследовательских работ авторов, ранее изучавших данную проблему, и нормативно-правовой базе. Использован метод систематического анализа, сравнения и обобщения данных. **Результаты и выводы.** В статье представлены: комплекс основных задач, решаемых при проведении натурных исследований, и общий план проведения работ при исследовании диффузного загрязнения водных объектов с водосборных территорий в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности, которые охватывают все особенности, проявления и факторы, определяющие диффузное загрязнение. Установлено, что большая часть загрязняющих веществ с водосборной территории в водный объект поступает с диффузным стоком, причиной которого является водная эрозия. Основная негативная нагрузка диффузного загрязнения ложится на малые реки с наличием сельскохозяйственных угодий на водосборной площади. На сегодняшний день проблема учета бесконтрольного поступления загрязняющих веществ в водный объект заключается в отсутствии полной, достоверной информации о механизме протекания диффузного загрязнения. В связи с этим необходимо полноценное изучение особенностей и характера диффузного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности в соответствии с установленными критериями: комплексность проведения исследований (т. е. наблюдения проводятся в комплексе «водосбор + водный объект»), учет периодичности проявления диффузного загрязнения водных объектов, учет пространственного распространения диффузного загрязнения на водосборной площади водного объекта.

Ключевые слова: *водные объекты, диффузное загрязнение водных объектов, комплексные полевые исследования, натурные наблюдения, загрязняющие вещества, створы, стоковые площадки.*

Цитирование. Слабунова А. В., Суровикина А. П., Комарова Е. В. К вопросу планирования и проведения натурных исследований диффузного загрязнения водных объектов. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 448-459. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Загрязнение, истощение и деградация водных объектов (ВО) – одна из актуальных современных проблем. Основной причиной деградации ВО, как известно, является сложившийся высокий уровень антропогенной деятельности на водосборной территории (Постановление Правительства РФ от 19 апр. 2012 г. № 350 и Водная стратегия РФ). Действующая система государственного мониторинга и контроля загрязнения ВО учитывает в основном точечные источники загрязнения, а источники диффузного загрязнения в ее рамках оцениваются весьма условно [5]. И это несмотря на то что значительное влияние диффузного загрязнения на качество ВО доказано многочисленными российскими и зарубежными исследованиями.

Так, исследования поверхностных вод, проведенные на территории Финляндии [9], показали, что «в национальном масштабе 66 % потока загрязняющих веществ происходит из диффузных источников. Основными диффузными источниками загрязнения определены сельскохозяйственные поля». В исследовании российских авторов определено, что вклад диффузной составляющей в общую биогенную нагрузку на ВО достигает значительных размеров [1, 2]. Например, если рассматривать Куйбышевское водохранилище, со стороны водосбора нагрузка диффузного загрязнения составляет 85–95 % от значения суммарной нагрузки загрязнения [7]. Исследования, проведенные в Московской области [11], также подтвердили значительную роль диффузного загрязнения в общем загрязнении малой реки Яхромы в бассейне р. Волги, что объяснили значительным количеством внесения минеральных и органических удобрений на сельскохозяйственных угодьях.

Все это в очередной раз подтверждает важность учета всех факторов проявления и сложность определения диффузного загрязнения ВО, расположенных в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Таким образом, авторами работы поставлена цель – определить основные критерии планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Натурные исследования при изучении диффузного загрязнения ВО способствуют получению достоверных данных для оценки и прогнозирования биогенного загрязнения ВО, что, в свою очередь, позволит нормировать и оптимизировать сельскохозяйственную деятельность в бассейне рек.

Материалы и методы. Методологической основой работы является обобщение современных представлений о пространственно-территориальных закономерностях формирования диффузного загрязнения ВО в зонах сельскохозяйственной деятельности. Используются методы систематизации, анализа, сравнения и обобщения данных.

Результаты и обсуждение. Основным методом изучения диффузного стока – комплексные полевые наблюдения. Такие наблюдения проводятся либо на специально оборудованных стоковых площадках, либо с помощью экспедиционных исследований водосборов ВО.

Комплекс основных задач при проведении натурных наблюдений за источниками диффузного загрязнения включает в себя:

- районирование территории водосбора по величине выноса биогенных элементов с использованием геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1; картографирование (построение карт пространственного распространения потенциального смыва почв); формирование базы геоданных. Цель – выявление водосборных площадей с наибольшей биогенной нагрузкой на ВО;

- рекогносцировочное (маршрутное) обследование выбранного объекта, которое производится с целью получения представления об изучаемой территории, проявлении диффузного стока на местности, уточнения положения ключевых участков, оценки визуального состояния рек и их русел. Объем рекогносцировочного обследования зависит от сложности территории и условий организационного порядка;

- общую оценку гидрохимического состояния ВО (анализ концентрации биогенных веществ (БВ) в створах пунктов наблюдений) с использованием ежегодных данных гидрохимического мониторинга ВО (фондовых и архивных). Сроки отбора проб привязываются к периодам внесения удобрений на сельскохозяйственные поля;

- анализ влияния изменений хозяйственной деятельности на водосборной территории на многолетнюю динамику содержания БВ в изучаемых реках агроландшафтов;

- уточнение по данным дистанционного зондирования (визуальное дешифрирование космических снимков из открытых источников, например Google Earth или SAS. Планета) морфометрических и ландшафтных характеристик территории водосбора (природные условия, границы водосбора и всей гидрографической сети, вычисление площади водосбора);

- имитационное моделирование выноса биогенных элементов при различных сценариях (варианты изменения структуры землепользования и комплекса мероприятий по снижению поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в ВО с водосборов) на водосборной площади ВО.

Основные направления натуральных исследований представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Основные направления натуральных исследований

Figure 1 – The main directions of field research

С учетом происхождения диффузного стока с сельскохозяйственного водосбора обязательному контролю подлежат биогенные и другие специфические ЗВ, поступающие с удобрениями, пестицидами. К ним относятся: взвешенные вещества, показатели БПК₅, ХПК, рН, минерализация воды, соединения азота (аммонийного, нитратного, нитритного и общего), минерального и общего фосфора (фосфаты, сульфаты), хлориды, соединения металлов (входящие в состав применяемых гербицидов) и пестициды. При этом следует учитывать характер их поступления в соответствии с гидрологическими периодами (рисунок 2).

Рисунок 2 – Схема поступления загрязняющего вещества в водный объект

Figure 2 - Scheme of pollutant intake into a water body

Поступление повышенного объема ЗВ происходит в период экстремальных условий, поэтому контроль диффузного загрязнения следует осуществлять по всему ВО (участку ВО) или водосбору в местах, где наблюдается увеличение стоков и концентрации ЗВ в воде, в следующие периоды [3]: зимняя и летне-осенняя межени, весеннее или весенне-летнее половодье (начало, пик и спад); выпадение стокообразующих осадков (ливни); орошение сельскохозяйственных культур; внесение на прибрежные сельскохозяйственные угодья удобрений, пестицидов и пр. (сроки до начала и после внесения в зависимости от первого стокообразующего дождя); резкое повышение концентрации ЗВ в ВО, выявленное при систематическом контроле. Комплекс натурных исследований за диффузным загрязнением ВО с сельскохозяйственных территорий включает в себя гидрологические и гидрохимические исследования, биогеохимические наблюдения, наблюдения за содержанием пестицидов в донных отложениях, наблюдения за самоочищающей способностью воды ВО.

Диффузное загрязнение ВО представляет собой вынос ЗВ с сельскохозяйственных полей, расположенных на водосборной площади [6]. В связи с этим натурные исследования направлены на изучение выноса БВ из почвы талым и дождевым (ливневым) стоком. Измерения диффузного стока на малых водосборах сочетаются с наблюдениями за всеми гидрометеорологическими факторами, определяющими поверхностный сток (рисунок 3).

Изучая вынос БВ талым стоком, проводят снегомерную съемку, оценивая запасы воды в снежном покрове, и ведут наблюдения за температурным режимом, изучают глубину промерзания, одновременно отбирают образцы на влажность почвы и прово-

дят сопутствующие гидрометеорологические наблюдения (температура воздуха, количество осадков, ветер, наличие ледяной корки, ход оттаивания почвы и т. д.). В зависимости от цели исследований места отбора проб воды могут назначаться в местах стока воды с отдельных сельхозугодий, отличающихся агрофоном и нормами внесения удобрений и пестицидов. Комплекс натурных исследований ВО (гидрологические, гидрохимические) должен выполняться в течение одного дня и включать в себя следующие виды работ:

- отбор гидрохимических проб в реке;
- замеры глубин по створам в зонах отсутствия батиметрических данных;
- отбор проб почв в прирусловой части реки на основных створах;
- определение параметров речного потока (расходы воды, отметки уровня).

Рисунок 3 – Комплекс работ, выполняемый при исследовании диффузного стока на водосборной площади

Figure 3 – A set of works performed in the study of diffuse runoff in the catchment area

При определении территориального расположения створов, проведении наблюдений за гидрохимическими и гидрологическими показателями ВО, отборе проб воды и почвы и организации контроля за содержанием пестицидов в донных отложениях необходимо руководствоваться соответствующими регламентирующими нормативными документами (рисунок 4).

Рисунок 4 – Нормативное обеспечение организации наблюдений за диффузным стоком

Figure 4 – Regulatory support for the organization of observations behind the diffuse drain

Створы рассредоточивают по течению ВО с таким расчетом, чтобы охарактеризовать антропогенное влияние на него и пространственное распределение гидрохимических показателей с учетом его морфологии, расположения рядом других источников загрязнения и интересов водопользователей. То есть наблюдения необходимо проводить в зоне распространения диффузного загрязнения, в створах выше на 1 км и ниже на 0,5 км места его влияния на ВО (рисунок 5).

Рисунок 5 – Места отбора проб

Figure 5 – Sampling locations

В каждом створе пробы отбираются в трех точках (у берегов и в центре русла) из приповерхностного слоя воды. Расходы воды определяются в гидрометрических створах гидропостов наблюдательной сети Росгидромета.

Задача проведения биогеохимических исследований – оценка запасов легкорастворимых соединений почв в прирусловой части долины (поймы, террасы) ВО для расчета их вклада в его диффузное загрязнение [4]. Комплекс задач, решаемых при проведении биогеохимических исследований прирусловой части долины реки, должен включать: определение запасов легкорастворимых соединений в гумусовых горизонтах почв, выявление гидрохимических показателей, наличие содержания водорастворимых соединений в составе водной вытяжки почв, определение основных физико-химических свойств почв. Отбор почвенных проб и поверхностных вод проводят на основных створах (площадках мониторинга) ВО, выбор которых осуществляется на основе архивных материалов гидрохимических исследований.

Донные отложения представляют собой важный и специфический объект исследования, состояние которого в значительной мере определяет степень загрязнения ВО. «Матрицы донных отложений, являясь неотъемлемой органоминеральной частью водных объектов, могут эффективно связывать и накапливать питательные вещества и потенциально опасные вещества из диффузных и / или точечных источников загрязнения» [10]. Здесь аккумулируется большая часть органических и неорганических веществ, в т. ч. наиболее опасных и токсичных пестицидов, характерных для зон сельскохозяйственного освоения.

Если по каким-либо причинам невозможно провести натурные исследования (например, ливень прошел и сток прекратился и пр.), то оценку поступления ЗВ в ВО необходимо осуществить косвенным методом, т. е. по удельным показателям выноса БВ в водоток с единицы площади водосбора. Также, зная концентрацию БВ в расчетных створах и объем речного стока, рассчитывают массу их выноса. По разнице между величиной выноса БВ речными водами через сечения двух соседних створов определяют количество веществ, поступающих с единицы площади водосбора (удельный вынос).

При комплексном изучении диффузного загрязнения ВО необходимо учитывать и его самоочищающую способность. Показателем низкой самоочищающей способности воды ВО является активное «цветение» – эвтрофирование воды, которое представляет собой одну из основных причин негативного воздействия на качество воды ВО путем диффузного стока с сельскохозяйственных земель.

Главными направлениями при изучении самоочищения воды ВО являются: количественное изучение баланса кислорода, БВ и др.; изучение процессов биологической утилизации и трансформации веществ и энергии на всех трофических уровнях; определение таких показателей, как температура, реакция среды (рН), скорость течения и места «застоя». А также необходимо учитывать особенности природно-климатических факторов [8], которые значительно влияют на снижение или увеличение потока катионов с водосбора.

Наблюдения за самоочищающей способностью речных вод организуют сезонно (при разных температурах и расходах речной воды) от основных ЗВ ниже разных источников их поступления в ВО. Проведение таких наблюдений целесообразно ниже входных створов ВХУ, где концентрации ЗВ существенно превышают установленные для этих участков значения целевых показателей вод. Также необходимо выбирать бесприточные речные участки. Для фонового створа выбирают, как правило, участок выше исследуемого источника поступления ЗВ, а ниже источника назначают 7–11 створов с нарастанием расстояний между ними.

Изменение состава воды в пробах, отобранных также с учетом времени добегания в первом после источника диффузного загрязнения створе и в расположенных ниже створах, позволяет оценить самоочищающую способность водотока. Допустимая интенсивность поступления ЗВ в ВО может быть определена из условия: скорость самоочищения воды должна быть не менее интенсивности поступления ЗВ в ВО.

Рисунок 6 – Мероприятия по определению характеристик поверхностного стока в пределах стоковой площадки

Figure 6 – Measures to determine the characteristics of surface runoff within the runoff site

Для полного изучения диффузного загрязнения ВО проводят полевые исследования процессов и механизмов поступления, трансформации и выноса ЗВ с водосборных территорий в ВО на стоковых площадках.

Так как поверхностный сток с сельскохозяйственных земель рассматривается как проблема эрозии почв, то при изучении диффузного загрязнения ВО прибегают также к методам изучения водной эрозии. Моделирование дождя на стоковых площадках – наиболее точный способ учета поверхностного стока. Тогда для определения связей количественного и качественного состава диффузного стока с состоянием почв и всего водосбора необходимо провести рекогносцировочное обследование водосборной площади и ряд сопутствующих мероприятий по определению характеристик поверхностного стока в пределах стоковой площадки (рисунок 6). Пробы почвы отбираются в пределах стоковой площадки до глубины 30–40 см.

Метод искусственного дождевания стоковых площадок позволяет смоделировать естественный дождь с определенными характеристиками (интенсивность, продолжительность) и «по расписанию», что значительно упрощает организацию проведения эксперимента и тем самым позволяет провести широкий спектр исследований (изучить влияние одного или одновременно нескольких факторов). При проведении натурных исследований диффузного стока с помощью стоковых площадок исследуются следующие факторы: тип почвы, агротехнические приемы, агрофон, рельеф, противоэрозионные мероприятия, эродированность почвы, интенсивность и продолжительность дождя, виды и дозы органических и минеральных удобрений, расход и слой поверхностного стока.

Выводы. Основная доля БВ в ВО поступает с диффузным стоком, причиной которого является водная эрозия (талые воды (снеготаяние) и ливневые осадки). При этом основную негативную нагрузку испытывают малые реки, по берегам которых расположены сельскохозяйственные угодья. И здесь можно с уверенностью сказать, что решение проблемы сохранения водных ресурсов в масштабе всей страны нужно начинать с решения проблемы бесконтрольного поступления БВ в малые реки.

В связи с этим учет критериев планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности позволит в полном объеме учесть поступление ЗВ в ВО и получить полноценную, достоверную информацию о механизме протекания диффузного загрязнения, что в свою очередь будет способствовать оперативному принятию управленческих решений в области охраны водных ресурсов.

Библиографический список

1. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамско-Березниковского промузла / А. П. Лепихин, А. А. Возняк, Т. П. Любимова, Я. Н. Паршакова, Ю. С. Ляхин, А. В. Богомоллов // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 560-566.
2. Комарова Е. В., Слабунова А. В. Проблема диффузного загрязнения водных объектов Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3 (79). С. 9-16.
3. Полянин В. О. Концептуальные подходы к мониторингу диффузного загрязнения водных объектов // Водные ресурсы. 2020. № 5. С. 622-627.
4. Разработка методов оценки диффузного стока с урбанизированных территорий путем решения обратных задач моделирования качества воды. Этап 3. Ч. 1. Экспедиционные работы: отчет о НИР. Барнаул, 2018. 65 с. <http://www.iwep.ru/OtchetIVER-3kv-CHast1-espeditziya.pdf>.
5. Слабунова А. В., Суровикина А. П. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 124-139. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=668>.
6. Ясинский С. В., Веницианов Е. В., Вишневская И. А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 232-244.

7. Changes in biological indicators of the silver bream *Blicca bjoerkna* at the upper part of the Volga stretch of the Kuybyshev reservoir in connection with the anthropogenic impact / G. F. Glazunova, I. F. Galanin, A. A. Smirnov // 5SPE: Kuwait Oil and Gas Show and Conference, 2019. Vol. 2653. № 01015.

8. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes / J. Sereda, M. Bogard, J. Hudson, D. Helps, T. Dessouki // *Limnologia*. 2011. Vol. 41. P. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.03.002>.

9. Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters / P. Ekholm, J. Lehtoranta, M. Taka, T. Sallantausta, J. Riihimäki // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 748. № 141297.

10. Longitudinal distribution of macronutrients in the sediments of Jegricka watercourse in Vojvodina, Serbia / R. Savic, G. Ondrasek, R. Zemunac, M. Bubalo Kovacic, F. Kranjcec, V. Nikolic Jokanovic, A. Bezdan // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 754. № 142138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142138>.

11. The Assessment of the Diffuse Pollution from Agricultural Territories in the Upper Volga Basin and the Development of Measures to Reduce It: Case Study of the Yakhroma River / L. V. Kireycheva, E. A. Lentyaeva, A. D. Timoshkin, V. M. Yashin // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. № 5. P. 709-720.

Conclusions. Conclusions. The main share of nutrients in water bodies is diffuse runoff caused by water erosion (melt water (melting snow) and precipitation). At the same time, the main negative pressure is experienced by small rivers, along the banks of which agricultural lands are located. And here we can say with confidence that the solution to the problem of conservation of water resources on a national scale should begin with the solution of the problem of uncontrolled flow of nutrients into small rivers.

Today, the problem of accounting for the uncontrolled intake of pollutants into water bodies is the lack of full, reliable information on the mechanism of diffuse pollution. In this regard, it is necessary to fully study the features and nature of diffuse pollution of water bodies in areas of intensive agricultural activity in accordance with the established criteria:

- the complexity of research (observations are carried out in the «catchment + water body» complex);
- taking into account the frequency of manifestation of diffuse pollution of water bodies;
- taking into account the spatial distribution of diffuse pollution in the catchment area of the reservoir.

Reference

1. Study of the peculiarities of the formation and scale of diffuse pollution formed by large industrial complexes, on the example of the Solikamsk-Bereznikovsky industrial hub / A. P. Lepikhin, A. A. Voznyak, T. P. Lyubimova, Ya. N. Parshakova, Yu. S. Lyakhin, A.V. Bogomolov // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. No. 5. P. 560-566.

2. Komarova E. V., Slabunova A. V. The problem of diffuse pollution of water bodies of the Rostov region // *Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture*. 2020. No. 3 (79). P. 9-16.

3. Polyanin V. O. Conceptual approaches to monitoring diffuse pollution of water bodies // *Water resources*. 2020. № 5. P. 622–627.

4. Development of methods for assessing diffuse runoff from urbanized areas by solving inverse problems of water quality modeling. Stage 3. Part 1. Expeditionary work: report on research. Barnaul, 2018. 65 p. <http://www.iwep.ru/OtchetIVEP-3kv-CHast1-espeditsiya.pdf>.

5. Slabunova A. V., Surovikina A. P. On the problem of diffuse pollution of water bodies // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. 2020. No. 2 (38). P. 124-139. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?N=660&id=668>.

6. Yasinsky S. V., Venitsianov E. V., Vishnevskaya I. A. Diffuse pollution of water bodies and assessment of the removal of nutrients in different scenarios of land use in the catchment // *Water resources*. 2019. Vol. 46. № 2. P. 232–244.

7. Changes in biological indicators of the silver bream *Blicca bjoerkna* at the upper part of the Volga stretch of the Kuybyshev reservoir in connection with the anthropogenic impact / G. F. Glazunova, I. F. Galanin, A. A. Smirnov // 5SPE: Kuwait Oil and Gas Show and Conference. 2019. Vol. 2653. № 01015.

8. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes / J. Sereda, M. Bogard, J. Hudson, D. Helps, T. Dessouki // *Limnologia*. 2011. Vol. 41. p. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.03.002>.

9. Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters / P. Ekholm, J. Lehtoranta, M. Taka, T. Sallanta, J. Riihimäki // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 748. № 141297.

10. Longitudinal distribution of macronutrients in the sediments of Jegricka water-course in Vojvodina, Serbia / R. Savic, G. Ondrasek, R. Zemunac, M. Bubalo Kovacic, F. Kranjec, V. Nikolic Jokanovic, A. Bezdan // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 754. № 142138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142138>.

11. The Assessment of the Diffuse Pollution from Agricultural Territories in the Upper Volga Basin and the Development of Measures to Reduce It: Case Study of the Yakhroma River / L. V. Kireycheva, E. A. Lentyaeva, A. D. Timoshkin, V. M. Yashin // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. № 5. P. 709-720.

Authors Information

Slabunova Alexandra Vasilievna - Senior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Melioration Problems, Novocherkassk, Russian Federation, Candidate of Technical Sciences; shura242007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>; Tel. 8 (928) 129-01-60

Surovikina Anastasia Petrovna - Junior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Reclamation Problems, Novocherkassk, Russian Federation, postgraduate student; nastenka35sur1997@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>; Tel. 8 (938) 112-38-41

Komarova Ekaterina Vasilievna - Junior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Reclamation Problems, Novocherkassk, Russian Federation, postgraduate student; EkaterinaKomarova95@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9807-1696>; Tel. 8 (918) 557-80-43

Информация об авторах

Александра Васильевна Слабунова – старший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), кандидат технических наук; shura242007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>; тел. 8(928)129-01-60

Анастасия Петровна Суrowикина – младший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), аспирант; nastenka35sur1997@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>; тел. 8(938)112-38-41

Екатерина Васильевна Комарова – младший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), аспирант; EkaterinaKomarova95@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9807-1696>; тел. 8(918)557-80-43

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-47

GEO-INFORMATION ANALYSIS OF MORPHOMETICAL CHARACTERISTICS OF RELIEF IN THE DRY-STEPPE ZONE

V. A. Silova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 02.07.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article is devoted to research on the assessment of catchment areas, their agricultural landscape features based on the materials of remote sensing of the Earth and on the basis of electronic thematic maps.