

УДК 556.551

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДИФфуЗНОЙ БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, НА ВОДОСБОРАХ КУЙБЫШЕВСКОГО И НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ В ГРАНИЦАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Е. А. Минакова^{1*}, А. П. Шлычков¹, С. А. Кондратьев²,
В. З. Латыпова³, Д. А. Минакова¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет (ул. Кремлевская, 18, корп. 1, Казань, Республика Татарстан, Россия, 420008), *ekologyhel@mail.ru

² Институт озераведения РАН – СПб ФИЦ РАН (ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105)

³ Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (ул. Даурская, 28, Казань, Республика Татарстан, Россия, 420087)

Приводятся результаты количественной оценки диффузной биогенной нагрузки, обусловленной воздействием сельскохозяйственной деятельности на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах Республики Татарстан за период 2001–2019 гг. Изучена динамика внесения под урожай органических и минеральных азотных и фосфорных удобрений на водосборах, а также выявлен тренд снижения их внесения, в среднем составляющий 72,2 тыс. т N/год и 28,5 тыс. т P/год. Выявлена тенденция снижения поголовья КРС, овец и коз, свиней, лошадей и тенденция роста поголовья птицы в хозяйствах всех категорий на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ за исследуемый период. Рассчитана нагрузка азота и фосфора, обусловленная производством продукции животноводства. В среднем за рассматриваемый период поступление на водосбор составило 51,9 тыс. т N и 26,4 тыс. т P в год. Рассчитана доля вклада основных отраслей животноводства в совокупную биогенную нагрузку на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ. Установлено, что наибольшую нагрузку на указанных водосборах среди всех отраслей животноводства вносит скотоводство (82 % для N и 81 % для P).

Ключевые слова: водохранилище; водосбор; внешняя биогенная нагрузка; азот; фосфор; организованные и диффузные источники

Для цитирования: Минакова Е. А., Шлычков А. П., Кондратьев С. А., Латыпова В. З., Минакова Д. А. Количественная оценка диффузной биогенной нагрузки, обусловленной воздействием сельского хозяйства, на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах Республики Татарстан // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 6. С. 57–69. doi: 10.17076/lim2069

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан.

E. A. Minakova^{1*}, A. P. Shlychkov¹, S. A. Kondratyev², V. Z. Latypova³, D. A. Minakova¹. QUANTIFICATION OF DIFFUSE NUTRIENT LOAD FROM AGRICULTURE ON THE CATCHMENTS OF THE KUIBYSHEV AND NIZHNEKAMSK STORAGE RESERVOIRS WITHIN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

¹Kazan (Volga Region) Federal University (18-1 Kremlevskaya St., 420008 Kazan, Republic of Tatarstan, Russia), *ekologyhel@mail.ru

²Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences (9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia)

³Institute of Ecology and Subsoil Use, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (28 Daur'skaya St., 420087 Kazan, Republic of Tatarstan, Russia)

The paper takes the Kuibyshev and Nizhnekamsk storage reservoirs within the Republic of Tatarstan as case studies of complex man-altered lowland water systems in European Russia under modern natural and anthropogenic changes. We present a quantification of the diffuse nutrient load from agricultural activities in the catchments of the Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan for the 2001–2019 period. Having studied the dynamics of organic and mineral nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilizer use in crop production in the catchments, we revealed a trend for their reduced application, amounting to 72.2 thousand tons N/year and 28.5 thousand tons P/year. Livestock numbers in animal farms of all categories was studied. During the study period, the numbers of cattle, sheep, goats, pigs, and horses tended to decrease while poultry numbers increased in farms of all categories in the catchments of the Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs within the Republic of Tatarstan. The N and P load caused by livestock production was estimated. The average input to the catchments during the study period amounted to 51.9 thousand tons N/year and 26.4 thousand tons P/year. Estimation of the contributions of the main types of animal husbandry to the total N and P load in the catchments of the Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs within Tatarstan showed that the main contributor was cattle farming (82 % for N and 81 % for P).

Keywords: storage reservoir; catchment area; exogenous nutrient load; nitrogen; phosphorus; point and non-point sources

For citation: Minakova E. A., Shlychkov A. P., Kondratyev S. A., Latypova V. Z., Minakova D. A. Quantification of diffuse nutrient load from agriculture on the catchments of the Kuibyshev and Nizhnekamsk storage reservoirs within the Republic of Tatarstan. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2025. No. 6. P. 57–69. doi: 10.17076/lim2069

Funding. The research was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to young Candidates of Science (Postdoctoral Students) for defending doctoral dissertation, carrying out research work, and performing work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan.

Введение

Процесс эвтрофирования водных объектов является глобальной проблемой современности. Развитие природного эвтрофирования оценивается в рамках геологических масштабов времени, когда водоемы из олиготрофных постепенно превращаются в эвтрофные и

по мере накопления донных отложений, уменьшения глубины, развития восстановительных условий в придонных слоях зарастают [Кондратьев и др., 2010]. Антропогенные факторы, воздействующие на водные системы наряду с естественными факторами, многократно ускоряют процессы протекания естественного природного эвтрофирования с миллионов или тысяч лет

до нескольких десятилетий [Хендерсон-Селлерс и др., 1990; Кондратьев, Шмакова, 2018]. Впервые на международном уровне проблемы эвтрофирования природных вод выступили предметом специального обсуждения на Конференции ООН по водным ресурсам [1977], а в 1984 г. на XXII сессии ЮНЕП ООН процесс антропогенного эвтрофирования определен лидирующим по степени опасности воздействия на окружающую среду [Хрисанов, Осипов, 1993]. Основной причиной антропогенного эвтрофирования водных объектов является избыточное поступление биогенных элементов [Schindler, 1974; Шилькрот, 1975; Авакян и др., 1987]. Исследования, основанные на обобщении данных мониторинга, убедительно подтвердили ведущую роль азота и фосфора в эвтрофировании водоемов мира [Даченко, 2007; Науменко, 2007].

Эвтрофирование является наиболее значимой проблемой водохранилищ, вызванной биогенным загрязнением, ведущим к ухудшению качества воды водохранилищ как источников водоснабжения. Привнесение биогенных элементов в условиях замедленного водообмена вызывает массовое развитие сине-зеленых водорослей, что значительно ухудшает качество воды, снижает рекреационный и рыбохозяйственный потенциал водохранилищ. По оценкам отечественных ученых, величина поступления биогенных элементов от внешних диффузных источников в водные объекты в бассейне р. Волги и в других хозяйственно освоенных речных бассейнах России многократно превосходит поступление от организованных источников [Поздняков и др., 2019]. Исследования, проведенные Институтом водных проблем РАН (ФГБУН ИВП РАН) в рамках программы «Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги» при участии ведущих экспертов Института озераведения РАН – обособленного структурного подразделения Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН (ФГБУН ИНОЗ РАН), Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ИАЭП), Казанского (Приволжского) федерального университета (ФГАОУ ВО К(П)ФУ), показали, что доля диффузного загрязнения в бассейне р. Волги по отдельным регионам колеблется от 40 до 90 % общей антропогенной нагрузки [Минакова и др., 2004, 2022; Кирпичникова, Курбатова, 2017; Брюханов и др., 2018; Поздняков и др., 2019, 2020; Минакова, 2020; Фашевская и др., 2020].

Изучение сельскохозяйственной деятельности с геохимических позиций как источника

загрязнения водных систем ведется с конца XX – начала XXI века [Саеи и др., 1990]. Поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, животноводческих ферм и комплексов является одним из основных источников биогенной диффузной нагрузки на водные объекты [Борисова, 2002].

Цель настоящей работы – количественная оценка специфики формирования биогенной нагрузки со стороны сельского хозяйства на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах Республики Татарстан (РТ).

Материалы и методы

Объектом исследования является сложная антропогенно нарушенная водная система равнинных водохранилищ европейской части России на примере Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ в современных изменяющихся природно-антропогенных условиях. Выбор данных водосборов в качестве объекта исследования для изучения формирования внешней биогенной нагрузки и разработки водоохраных мероприятий по снижению антропогенного эвтрофирования обусловлен их важным социально-экономическим значением.

В качестве исходной информации использованы следующие источники:

- статистические справочники Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ;
- статистические справочники Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РТ о поголовье сельскохозяйственных животных и Министерства экологии и природных ресурсов РТ об образовании массы побочных продуктов при содержании сельскохозяйственных животных.

Суммарная нагрузка биогенных элементов на водный объект формируется из двух составляющих (рис. 1):

- внутренняя биогенная нагрузка (автохтонная);
- внешняя нагрузка (аллохтонная).

Внутренняя биогенная нагрузка формируется за счет вторичного загрязнения путем поступления в водный объект минеральных форм биогенных элементов из донных отложений с последующим вовлечением их в биотический круговорот и в поверхностные воды [Даченко, 2007]. Внешняя биогенная нагрузка формируется за счет выноса химических веществ с водосбора водного объекта в результате воздействия природных и антропогенных факторов [Кондратьев, 2007; Кондратьев, Шмакова, 2019].



Рис. 1. Формирование биогенной нагрузки на водные объекты [Минакова и др., 2023]

Fig. 1. Formation of nutrient load on water bodies [Minakova et al., 2023]

Эвтрофирование в большей части определяется не содержанием биогенных элементов в водном объекте, а скоростью поступления их извне [Россолимо, 1977]. Водосбор является геохимическим барьером на пути миграции в водный объект ряда веществ, в том числе и биогенных элементов. Геохимические барьеры [Перельман, 1975, 1982] рассматриваются как участки земной коры, где на ограниченном расстоянии происходит резкое снижение интенсивности миграции химических элементов. Поступившие на водосбор биогенные элементы претерпевают процессы трансформации и нейтрализации. Часть биогенных элементов не достигает замыкающих створов крупных водных объектов, так как удерживается на водосборе за счет действия различных факторов. Внешняя нагрузка на водные объекты является постоянно действующим фактором, определяющим качество поверхностных вод и влияющим на химический состав донных отложений [Ершова, 2013]. Согласно современным научным воззрениям [Ясинский, Гуров, 2006; Науменко, 2007; Кондратьев, 2007; Фрумин, 2013; Ясинский и др., 2020], основное внимание в первую очередь следует сосредоточить на изучении внешней биогенной нагрузки на водосборе.

Оценка внешней биогенной нагрузки на водные объекты представляет собой сложную задачу. Для расчета внешней биогенной нагрузки на водные объекты в работе использована усовершенствованная модель выноса растворенных примесей с водосбора и формирования внешней нагрузки на водный объект ILLM (Institute of Limnology Load Model) [Свидетельство..., 2014]. Основу модели составляет системный анализ, как один из наиболее перспективных методов оценки внешней биогенной нагрузки бассейнов речных геосистем, основанный на синтезе геоситуационной концепции и ландшафтно-экологического подхода [Исаченко, 1980], базирующийся на математическом моделировании природных процессов,

принципах геоэкологической оценки качества окружающей среды и рационального природопользования природно-антропогенных объектов и процессов. Используемая в настоящей работе модель ILLM является промежуточным вариантом между эмпирическими моделями с сосредоточенными параметрами и физико-математическими моделями с распределенными параметрами [Кондратьев, Шмакова, 2019].

Модель предназначена для решения задач, связанных с количественной оценкой внешней нагрузки на водные объекты, сформированной точечными и рассредоточенными источниками загрязнения и прогнозом ее изменения под влиянием возможных природно-антропогенных факторов. Модель учитывает вклад организованных и диффузных источников в формирование биогенной нагрузки на водосборе, позволяет рассчитывать вынос элементов с водосбора в водный объект с учетом влияния гидрологических факторов и удержания биогенных веществ водосбором и гидрографической сетью [Поздняков и др., 2019, 2020]. В используемой версии модели для оценки биогенной нагрузки, сформированной на сельскохозяйственных угодьях, применен метод, предложенный специалистами ИАЭП [Брюханов и др., 2016, 2018; Поздняков и др., 2016]. Метод позволяет проводить расчет выноса биогенных элементов с учетом доз внесения удобрений, типов почв, слагающих сельскохозяйственный водосбор, их механического состава, удаленности поля от водного объекта.

Модель имеет модульную структуру. Согласно принятой в модели схеме расчета основными составляющими внешней биогенной нагрузки на водный объект являются: диффузная природная биогенная нагрузка с подстилающей поверхности различных типов естественных ландшафтов; диффузная антропогенная биогенная нагрузка; удержание биогенных элементов водосбором и его гидрографической сетью; сбросы организованных источников

непосредственно в водный объект [Минакова и др., 2022, 2023]. Конечный итог моделирования – количественная оценка внешней биогенной нагрузки на водные объекты и отдельных ее составляющих.

В соответствии с требованиями решаемой задачи модель ILLM была усовершенствована путем включения в нее новых расчетных модулей [Минакова и др., 2023]:

- «массообмен с атмосферой» для оценки атмосферных выпадений биогенных элементов;

- «расчет нагрузки, сформированной расщепленным стоком с урбанизированных территорий», обусловленной поступлением биогенных элементов от городского и сельского населения.

В общем виде модель представлена следующей формулой [Кондратьев, 2007; Кондратьев и др., 2011, 2015]:

$$L = (L_{nat\ diff} + L_{antr\ diff}) (1 - k_r) + L_{w1},$$

где L – внешняя биогенная нагрузка на водный объект, т/год;

$L_{nat\ diff}$ – диффузная природная биогенная нагрузка с подстилающей поверхности различных типов естественных ландшафтов, т/год;

$L_{antr\ diff}$ – диффузная антропогенная биогенная нагрузка, т/год;

k_r – коэффициент удержания вещества водосбором и его гидрографической сетью;

L_{w1} – сбросы организованных источников непосредственно в водный объект, т/год.

Схема усовершенствованной модели ILLM, используемой для расчета внешней биогенной нагрузки на водные объекты в настоящем исследовании, приведена на рис. 2 [Минакова и др., 2022].

Выбор модели ILLM обусловлен наличием модульной структуры, позволяющей учитывать вновь выявленные факторы диффузной нагрузки. Применение модели ILLM позволяет компенсировать отсутствующий в настоящее время мониторинг диффузной нагрузки

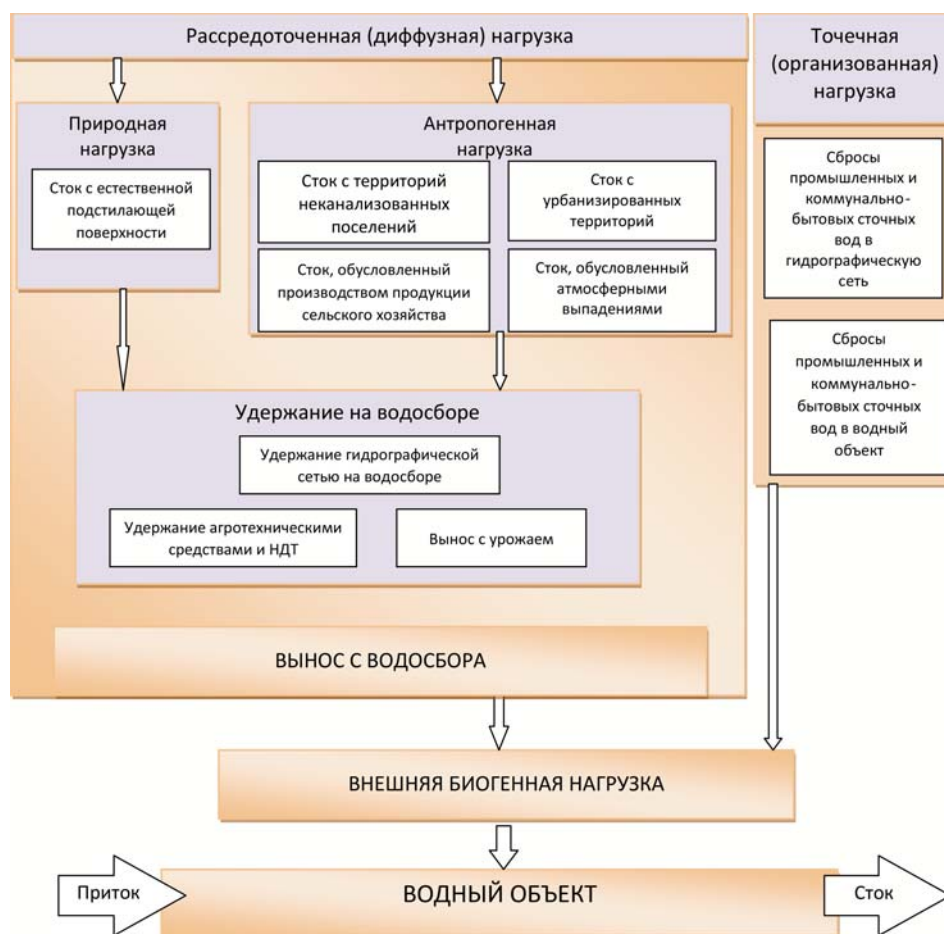


Рис. 2. Схема усовершенствованной математической модели ILLM [Минакова и др., 2022]

Fig. 2. Scheme of the improved mathematical model ILLM [Minakova et al., 2022]

на водные объекты, опираясь на имеющуюся информацию (данные дистанционного зондирования земли, статистические справочники, ведомственные материалы, данные об инвентаризации диффузных источников и др.) об основных источниках нагрузки на водосборе. Модель ориентирована на данные, приведенные в официальных источниках и формах государственной статистической отчетности министерств и ведомств РФ (государственный мониторинг водных объектов, статистическая отчетность о сбросах сточных вод, данные о сельскохозяйственной деятельности на водосборах) [Кондратьев и др., 2010]. Модель ILLM прошла опробование и верификацию на ряде объектов, расположенных в северо-западной части европейской территории РФ (оз. Ладожское и реки Великая, Луга, Мга, Ижора, Славянка), а также в Западной Сибири (реки Иртыш, Тобол, Ишим, Омь, Конда) [Кондратьев и др., 2010, 2011, 2024; Кондратьев, Шмакова, 2019].

Расчеты выноса химических элементов с водосбора и формирование внешней нагрузки на водные объекты в модели могут выполняться как с годовым, так и с месячным шагами по времени. Ввиду того что модель ориентирована на существующие ограниченные возможности информационного обеспечения [Кондратьев и др., 2010] некоторой части входных данных, имеющих годовое осреднение, в качестве расчетного интервала в настоящей работе принят 1 год.

Для информационного обеспечения исследования создана база данных «Внешняя биогенная нагрузка на поверхностные воды Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах Республики Татарстан», содержащая информацию о природных и антропогенных факторах, обуславливающих формирование внешней биогенной нагрузки (природно-климатические условия, гидрологический и гидрохимический режим, источники точечной и диффузной биогенной нагрузки), а также материалы проведенной количественной оценки с использованием усовершенствованной модели ILLM основных составляющих внешней биогенной нагрузки на поверхностные воды Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ за период 2001–2019 гг. [Свидетельство..., 2024].

Численность сельскохозяйственных животных поголовья КРС, свиней, овец и коз, лошадей и птицы в хозяйствах всех категорий РТ определялась в разрезе муниципальных образований.

Оценка внешней нагрузки, обусловленной побочными продуктами животноводства (L_i), на водосборную площадь водохранилищ выполнена

с учетом рекомендаций, приведенных в [Кондратьев и др., 2010] по формуле:

$$L_i = \sum_{i=1}^{n_i} 1000 k_{ji} N_i, \quad (1)$$

где k_{ji} – коэффициент эмиссии фосфора или азота i -го сельскохозяйственного животного, $\text{кг} \times \text{год}^{-1}$; N_i – количество сельскохозяйственных животных.

Расчет коэффициентов эмиссии азота и фосфора выполнен с использованием данных об их процентном содержании в побочных продуктах сельскохозяйственных животных, приведенных в [Васильев, Филиппова, 1988], и сведений об образовании массы побочных продуктов сельскохозяйственных животных, представленных в [Государственный..., 2013].

Для получения достоверных статистических характеристик обработка исходных данных проводилась в соответствии с рекомендациями, приведенными в [Пановский, Брайер, 1972; Методические..., 1987; Исаев, 1988; Кобышева, Гольберг, 1990; Лакин, 1990].

Результаты и обсуждение

В работе исследована динамика и определен тренд внесения под урожай органических и минеральных азотных и фосфорных удобрений, а также образования побочных продуктов животноводства на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ за период 2001–2019 гг. В качестве биогенных элементов рассмотрены соединения азота в пересчете на азот общий (N) и соединения фосфора в пересчете на фосфор общий (P). Эти биогенные элементы входят в Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (утвержден Распоряжением Правительства РФ от 23.12.2023 № 3885-р, от 05.06.2024 № 1415-р).

Динамика и тренд внесения под урожай органических и минеральных азотных и фосфорных удобрений на указанных водосборах приведены на рис. 3 и 4. Анализ данных рис. 3 показал тенденцию снижения за исследуемый период внесения под урожай азотных удобрений. Максимальное его значение составило 156,9 тыс. т, минимальное – 84,7 тыс. т. В среднем за рассматриваемый период в год под урожай вносилось 123,5 тыс. т, а общее снижение составило 72,2 тыс. т. Данные на рис. 4 свидетельствуют об аналогичной тенденции для органических и минеральных фосфорных удобрений. Максимальное значение их внесения за рассматриваемый период – 54,2 тыс. т,

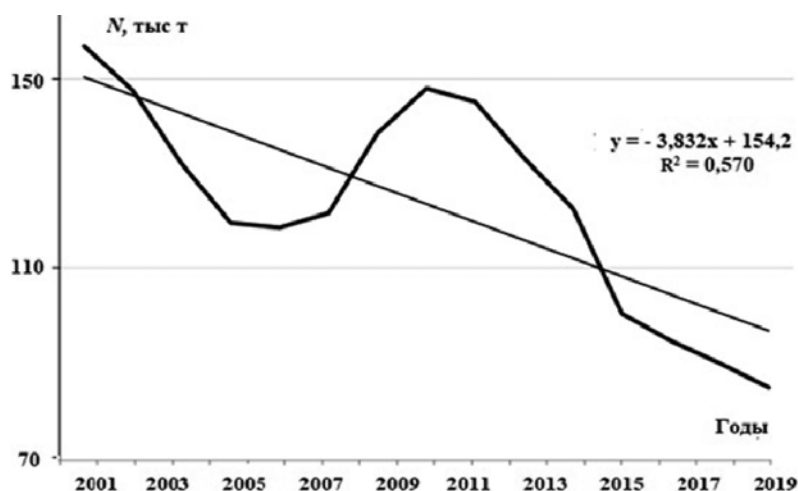


Рис. 3. Динамика и тренд внесения под урожай органических и минеральных азотных удобрений на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ, тыс. т

Fig. 3. Dynamics and trend of application of organic and mineral nitrogen fertilizers for crops in the catchment areas of the Kuibyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan, thousand tons

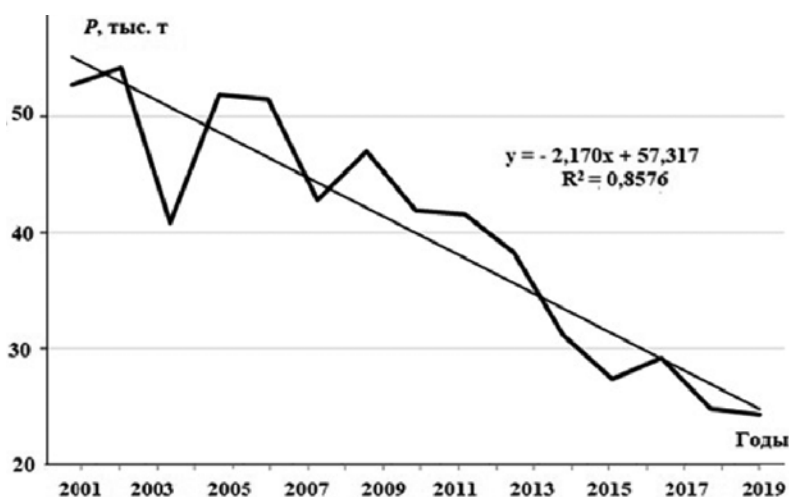


Рис. 4. Динамика и тренд внесения под урожай органических и минеральных фосфорных удобрений на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ, тыс. т

Fig. 4. Dynamics and trend of application of organic and mineral phosphorus fertilizers for crops in the catchment areas of the Kuibyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan, thousand tons

наименьшее – 24,3 тыс. т. В среднем в год под урожай вносилось по 40,0 тыс. т органических и минеральных фосфорных удобрений, а общее снижение составило 28,5 тыс. т.

Проанализированы сведения о численности сельскохозяйственных животных в скотоводческих хозяйствах всех категорий на изученной территории. Результаты, приведенные в таблице, демонстрируют снижение за исследуемый

период поголовья сельскохозяйственных животных в скотоводческих хозяйствах всех категорий: КРС – в 1,2 раза, свиней, овец и коз – в 1,5 раза, лошадей в 2 раза; одновременно отмечался рост поголовья птицы в 2,5 раза.

С использованием формулы (1) на основе информации о поголовье сельскохозяйственных животных, а также о массе образования побочных продуктов животноводства рассчитана

Поголовье сельскохозяйственных животных на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ

Livestock population in the catchment areas of the Kuibyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan

Наименование домашних животных Name of domestic animals	Поголовье домашних животных, тыс. голов Livestock population, thousand heads	
	2001 г.	2019 г.
КРС cattle	1194,6	978,0
свиньи pigs	749,6	489,1
овцы и козы sheep and goats	475,6	316,3
лошади horses	61,0	31,0
птица poultry	7128,1	17795,1

нагрузка N и P на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ, выявлена динамика и тренд нагрузки. Так, за исследуемый период наблюдалась тенденция снижения нагрузки азота и фосфора, обусловленной производством продукции животноводства. Наибольшая величина составила соответственно 55,8 и 27,9, а наименьшая – 47,4 и 24,7 тыс. т. В среднем за рассматриваемый период поступление азота и фосфора на водосбор составило

соответственно 51,9 и 26,4 тыс. т/год, а общее снижение – 7,8 и 3,0 тыс. т/год.

Рассчитана доля вклада основных отраслей животноводства в совокупную биогенную нагрузку на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ. Результаты представлены на рис. 5 и 6. Анализ данных показывает, что основную нагрузку азота и фосфора среди отраслей животноводства вносит скотоводство (82,3 % для N и 81,0 % для P), совокупный вклад свиноводства, овцеводства, коневодства и птицеводства составляет 18 % для N и 19 % для P.

Закключение

Проведенные исследования показали, что на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ за период 2001–2019 гг. в среднем под урожай вносились органические и минеральные азотные удобрения в количестве 123,5 тыс. т N/год и фосфорные удобрения в количестве 40,0 тыс. т P/год. Выявлен тренд снижения внесения этих видов удобрений, в среднем составляющий 72,2 тыс. т азота и 28,5 тыс. т фосфора в год.

Изучение численности сельскохозяйственных животных в скотоводческих хозяйствах всех категорий на указанных водосборах выявило тенденцию снижения поголовья КРС, овец и коз, свиней, лошадей и тенденцию роста поголовья птицы за исследуемый период.

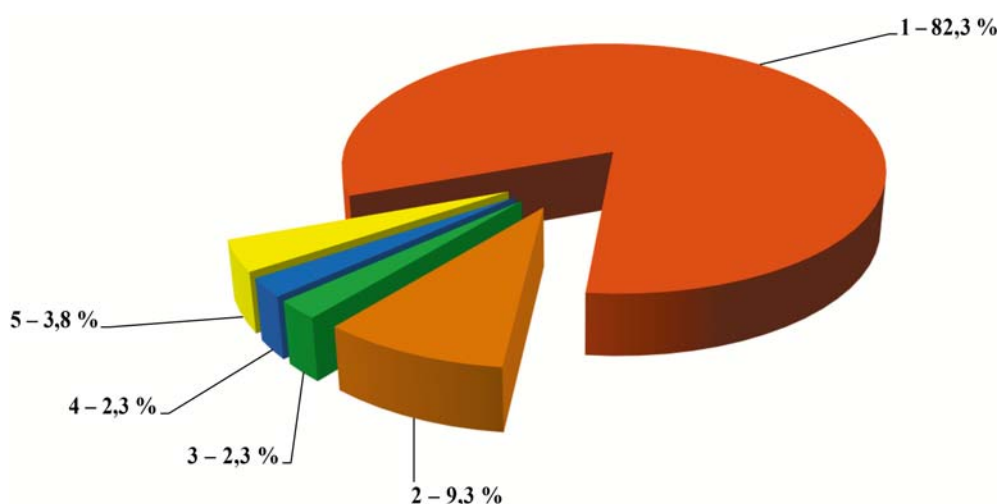


Рис. 5. Вклад отраслей животноводства в совокупную нагрузку азота на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ:

1 – скотоводство, 2 – свиноводство, 3 – овцеводство, 4 – коневодство, 5 – птицеводство

Fig. 5. Contribution of livestock industries to the total N load in the catchments of the Kuibyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan:

1 – cattle breeding, 2 – pig breeding, 3 – sheep breeding, 4 – horse breeding, 5 – poultry farming

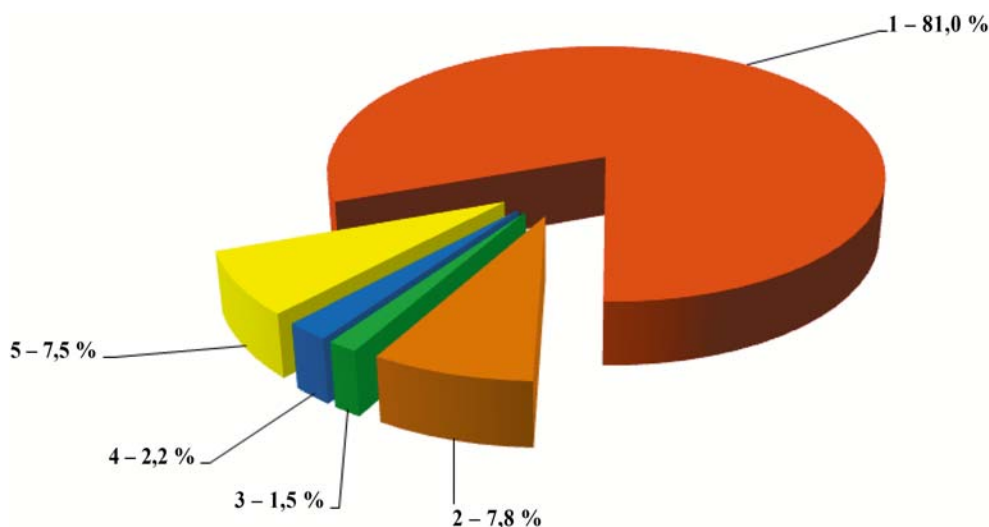


Рис. 6. Вклад отраслей животноводства в совокупную нагрузку фосфора на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ:

1 – скотоводство, 2 – свиноводство, 3 – овцеводство, 4 – коневодство, 5 – птицеводство

Fig. 6. Contribution of livestock industries to the total P load in the catchments of the Kuybyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan:

1 – cattle breeding, 2 – pig breeding, 3 – sheep breeding, 4 – horse breeding, 5 – poultry farming

Сокращение поголовья сельскохозяйственных животных в скотоводческих хозяйствах всех категорий РТ составило: КРС – в 1,2 раза; свиней, овец и коз – в 1,5 раза; лошадей – в 2 раза. Отмечен рост поголовья птицы в 2,5 раза.

Рассчитанная нагрузка N и P, обусловленная производством продукции животноводства на изученной территории, в среднем за рассматриваемый период составила 51,9 тыс. т азота и 26,4 тыс. т фосфора в год. Выявлена тенденция ее снижения, в среднем составляющая 7,8 тыс. т азота и 3,0 тыс. т фосфора в год.

При расчете доли вклада основных отраслей животноводства в совокупную биогенную нагрузку азота и фосфора на водосборах Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах РТ установлено, что наибольший вклад вносит скотоводство (82,3 % для N и 81,0 % для P), суммарная доля свиноводства, овцеводства и коневодства составляет 18 и 19 % для N и P соответственно.

Литература

Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.

Борисова Г. Г. Геоэкологические основы управления диффузным стоком с сельскохозяйственных водосборов: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Екатеринбург, 2002. 46 с.

Брюханов А. Ю., Кондратьев С. А., Обломкова Н. С., Оглуздин А. С., Субботин И. А. Методика

определения биогенной нагрузки сельскохозяйственного производства на водные объекты // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 89. С. 175–183.

Брюханов А. Ю., Терехов А. В., Васильев Э. В., Минакова Е. А., Терехов А. В., Обломкова Н. С. Оценка сельскохозяйственной биогенной нагрузки, сформированной на речных водосборах бассейна Куйбышевского водохранилища // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства. 2018. № 3(96). С. 175–186. doi: 10.24411/0131-5226-2018-100571

Васильев В. А., Филиппова Н. В. Справочник по органическим удобрениям. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1988. 255 с.

Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2012 году». Казань, 2013. 500 с.

Даценко Ю. С. Эвтрофирование водохранилищ: гидролого-гидрохимические аспекты. М.: ГЕОС, 2007. 232 с.

Ершова А. А. Комплексная оценка поступления биогенных веществ с водосбора реки Нева в восточную часть Финского залива: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2013. 28 с.

Исаев А. А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 245 с.

Исаченко А. Г. Методы прикладных ландшафтных исследований. М.: Наука, 1980. 263 с.

Кирпичникова Н. В., Курбатова И. Е. Деградация водоохранных зон источников водоснабжения: водное законодательство, экологический мониторинг, дистанционные методы оценки // Водные ресурсы:

новые вызовы и пути решения: Сб. науч. трудов, посвящ. Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН (Сочи, 2–7 октября 2017 г.). Сочи: Лик, 2017. С. 576–581.

Кобышева Н. В., Гольберг М. А. Методические указания по статистической обработке метеорологических рядов. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 85 с.

Кондратьев С. А., Брюханов А. Ю., Поздняков Ш. Р., Пузанов А. В., Жерелина И. В., Шмакова М. В., Васильев Э. В., Расулова А. М., Бабошкина С. В., Обломкова Н. С. Оценка нагрузки биогенными и загрязняющими веществами на российскую часть р. Иртыш // География и природные ресурсы. 2024. Т. 45, № 1. С. 41–53. doi: 10.15372/GIPR20240104

Кондратьев С. А., Голосов С. Д., Зверев И. С., Рябченко В. А., Дворников А. Ю. Моделирование абiotических процессов в системе водосбор-водоем (на примере Чудско-Псковского озера). СПб.: Нестор-История, 2010. 116 с.

Кондратьев С. А., Казмина М. В., Шмакова М. В., Маркова Е. Г. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты // Региональная экология. 2011. № 3–4. С. 50–59.

Кондратьев С. А. Формирование внешней нагрузки на водоемы: проблемы моделирования. СПб.: Наука, 2007. 253 с.

Кондратьев С. А., Шмакова М. В. Детерминированно-стохастическое моделирование массопереноса в системе водосбор – водоем // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2018. Т. 11, № 4. С. 55–65. doi: 10.7868/S207366731804007X

Кондратьев С. А., Шмакова М. В. Детерминированно-стохастическое моделирование изменений стока и биогенной нагрузки под воздействием климата // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: Мат-лы междунар. науч. конф. (Минск, 5–8 мая 2015 г.). Минск: БГУ, 2015. С. 256–258.

Кондратьев С. А., Шмакова М. В. Математическое моделирование массопереноса в системе водосбор-водоток-водоем. СПб.: Нестор-История, 2019. 248 с.

Конференция ООН по водным ресурсам (Мардель-Плата, Аргентина, 14–25 марта 1977 г.). Нью-Йорк, 1977. 28 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 207 с.

Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод / Под ред. А. В. Караушева. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 286 с.

Минакова Е. А., Латыпова В. З., Степанова Н. Ю. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы // Экологический консалтинг. 2004. № 4(16). С. 3–10.

Минакова Е. А. Основные факторы формирования качества поверхностных вод Республики Татарстан (на примере рек Казанка, Свияга, Степной Зай). Казань: Фолиант, 2020. 184 с.

Минакова Е. А., Шлычков А. П., Кондратьев С. А., Латыпова В. З. Миграционные потоки биогенных элементов в геосистеме «водосбор – водный объект» в современных условиях // Экология урбанизированных территорий. 2022. № 2. С. 13–21. doi: 10.24412/1816-1863-2022-2-13-21

Минакова Е. А., Шлычков А. П., Леонова Т. Ш., Латыпова В. З., Минакова Д. А. Особенности распределения внешней биогенной нагрузки на водные объекты в различных физико-географических районах Республики Татарстан // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 1. С. 33–37. doi: 10.24412/1816-1863-2023-1-33-37

Науменко М. А. Эвтрофирование озер и водохранилищ. Учебное пособие. СПб.: РГГМУ, 2007. 100 с.

Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 200 с.

Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.

Перельман А. И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 150 с.

Поздняков Ш. Р., Брюханов А. Ю., Кондратьев С. А., Игнатьева Н. В., Шмакова М. В., Минакова Е. А., Расулова А. М., Обломкова Н. С., Васильев Э. В., Терехов А. В. Перспективы сокращения выноса биогенных элементов с речных водосборов за счет внедрения наилучших доступных технологий (НДТ) сельскохозяйственного производства (по результатам моделирования) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 5. С. 588–602. doi: 10.31857/S0321059620050168

Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А., Минакова Е. А., Брюханов А. Ю., Игнатьева Н. В., Шмакова М. В., Иванова Е. В., Обломкова Н. С., Терехов А. В. Оценка биогенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище со стороны водосбора // География и природные ресурсы. 2019. № 3. С. 67–76. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(67-76)

Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А., Тарбаева В. М., Шмакова М. В., Брюханов А. Ю., Воробьева Е. А., Обломкова Н. С. Обоснование выполнения рекомендаций ХЕЛКОМ по снижению биогенной нагрузки на Финский залив со стороны России // Вестник СПбГУ. Сер. 7. География. География. 2016. Вып. 4. С. 53–65. doi: 10.21638/11701/spbu07.2016.405

Россолимо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 205 с.

Сает Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П., Смирнова Р. С., Башаркевич И. Л., Онищенко Т. Л., Павлова Л. Н., Трефилова Н. Я., Ачкасова А. И., Саркисян С. Ш. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623845 «Внешняя биогенная нагрузка на поверхностные воды Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в границах Республики Татарстан» / Е. А. Минакова; правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (RU). Заявка № 2024623515; заявл. 13.08.2024, дата государственной регистрации в Реестре баз данных 30.08.2024.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015614210 РФ. Расчет формирования стока на водосборе на основе модели ILLM / Кондратьев С. А., Шмакова М. В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт озероведения РАН (ИНОЗ РАН). Заявка № 2014664208; заявл. 31.12.2014; опубл. 09.04.2015.

Хендерсон-Селлерс Б., Марклэнд Х. Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 278 с.

Хрисанов Н. И., Осипов Г. К. Управление эвтрофированием водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 278 с.

Шилькрот Г. С. Причины антропогенного эвтрофирования водоемов // Общая экология. Биогеоэкология. Гидробиология. Т. 2: Антропогенное эвтрофирование водоемов. М., 1975. С. 61–99.

Фашчевская Т. Б., Полянин В. О., Кирпичникова Н. В. Диффузное загрязнение водных объектов: источники, мониторинг, водоохранные мероприятия. М.: ИВП РАН, 2020. 171 с.

Фрумин Г. Т. Расчет модулей фонового стока биогенных элементов с водосборных бассейнов. СПб.: РГГМУ, 2013. 32 с.

Ясинский С. В., Гуров Ф. Н. Метод оценки характеристик диффузного загрязнения малых рек на основе ландшафтно-гидрологического подхода (на примере р. Истры) // Водное хозяйство России. 2006. № 2. С. 63–91.

Ясинский С. В., Кашутина Е. А., Сидорова М. В., Нарыков А. Н. Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 5. С. 630–648. doi: 10.31857/S0321059620050223

Schindler D. W. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management // Science. 1974. No. 174. P. 897–899. doi: 10.1126/science.184.4139.897

References

Avakyan A. B., Saltankin V. P., Sharapov V. A. Reservoirs. Moscow: Mysl'; 1987. 325 p. (In Russ.)

Borisova G. G. Geoecological foundations of diffuse runoff management from agricultural catchments: Summary of DSc (Dr. of Geog.) thesis. Ekaterinburg; 2002. 46 p. (In Russ.)

Bryukhanov A. Yu., Kondrat'ev S. A., Oblomkova N. S., Ogluzdin A. S., Subbotin I. A. Methodology for determining the nutrient load of agricultural production on water bodies. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2016;89:175–183. (In Russ.)

Bryukhanov A. Yu., Terekhov A. V., Vasil'ev E. V., Minakova E. A., Terekhov A. V., Oblomkova N. S. Assessment of agricultural nutrient load generated on the river catchment areas within the Kuybyshev Reservoir basin. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva = Technologies and technical means of mechanized production of crop products*. 2018;3(96): 175–186. (In Russ.). doi: 10.24411/0131-5226-2018-100571

Certificate of the state registration of computer program No. 2015614210 RF. Calculation of runoff formation in a catchment area based on the ILLM model. Ap-

plication No. 2014664208; submitted 31.12.2014; published 09.04.2015. (In Russ.)

Certificate of the state registration of database No. 2024623845 'External biogenic load on surface waters of the Kuibyshev and Nizhnekamsk Reservoirs within the borders of the Republic of Tatarstan'. Application No. 2024623515; submitted 13.08.2024, date of the state registration in the Database Register 30.08.2024. (In Russ.)

Datsenko Yu. S. Eutrophication of reservoirs: hydrological and hydrochemical aspects. Moscow: GEOS; 2007. 232 p. (In Russ.)

Ershova A. A. Comprehensive assessment of the influx of biogenic substances from the Neva River catchment area into the eastern part of the Gulf of Finland: Summary of PhD (Cand. of Geog.) thesis. St. Petersburg; 2013. 28 p. (In Russ.)

Fashchevskaya T. B., Polyaniin V. O., Kirpichnikova N. V. Diffuse pollution of water bodies: sources, monitoring, water protection measures. Moscow: IVP RAN; 2020. 171 p. (In Russ.)

Frumin G. T. Calculation of modules of background runoff of biogenic elements from catchment basins. St. Petersburg: RGGMU; 2013. 32 p. (In Russ.)

Henderson-Sellers B., Markland H. R. Dying lakes: causes and control of anthropogenic eutrophication. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1990. 278 p. (In Russ.)

Isachenko A. G. Applied landscape research methods. Moscow: Nauka; 1980. 263 p. (In Russ.)

Isaev A. A. Statistics in meteorology and climatology. Moscow: MGU; 1988. 245 p. (In Russ.)

Karaushev A. V. (ed.). Methodological principles for assessing anthropogenic impact on the quality of surface waters. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1987. 286 p. (In Russ.)

Khrisanov N. I., Osipov G. K. Management of water bodies eutrophication. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 1993. 278 p. (In Russ.)

Kirpichnikova N. V., Kurbatova I. E. Degradation of water protection zones of water supply sources: water legislation, environmental monitoring, remote assessment methods. *Vodnye resursy: novye vyzovy i puti resheniya: Sb. nauch. trudov, posvyashch. Godu ekologii v Rossii i 50-letiyu Instituta vodnykh problem RAN (Sochi, 2–7 oktyabrya 2017 g.) = Water resources: new challenges and solutions: Proceed. dedicated to the Year of Ecology in Russia and the 50th Anniversary of the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (Sochi, Oct. 2–7, 2017)*. Sochi: Lik; 2017. P. 576–581. (In Russ.)

Kobysheva N. V., Gol'berg M. A. Guidelines for statistical processing of meteorological series. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1990. 85 p. (In Russ.)

Kondrat'ev S. A., Bryukhanov A. Yu., Pozdnyakov Sh. R., Puzanov A. V., Zherelina I. V., Shmakova M. V., Vasil'ev E. V., Rasulova A. M., Baboshkina S. V., Oblomkova N. S. Assessment of the load of nutrients and pollutants on the Russian part of the Irtysh River. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2024;45(1):41–53. (In Russ.). doi: 10.15372/GIPR20240104

Kondrat'ev S. A. Formation of external load on water bodies: problems of modeling. St. Petersburg: Nauka; 2007. 253 p. (In Russ.)

- Kondrat'ev S. A., Golosov S. D., Zverev I. S., Ryabchenko V. A., Dvornikov A. Yu. Modeling of abiotic processes in the catchment-reservoir system (case of Lake Peipus). St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2010. 116 p. (In Russ.)
- Kondrat'ev S. A., Kazmina M. V., Shmakova M. V., Markova E. G. A method for calculating the biogenic load on water bodies. *Regional'naya ekologiya = Regional Ecology*. 2011;3-4:50-59. (In Russ.)
- Kondrat'ev S. A., Shmakova M. V. Deterministic-stochastic modeling of mass transfer in the catchment-reservoir system. *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika = Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2018;11(4):55-65. (In Russ.). doi: 10.7868/S207366731804007X
- Kondrat'ev S. A., Shmakova M. V. Deterministic-stochastic modeling of changes in runoff and nutrient load under the impact of climate. *Problemy gidrometeorologicheskogo obespecheniya khozyaistvennoi deyatel'nosti v usloviyakh izmenyayushche-gosyia klimata: Mat-ly mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 05-08 maya 2015 g.) = Issues of hydrometeorological support of economic activity in conditions of changing climate: Proceed. int. scientific conf. (Minsk, May 5-8, 2015)*. Minsk: BGU; 2015. P. 256-258. (In Russ.)
- Kondrat'ev S. A., Shmakova M. V. Mathematical modeling of mass transfer in the catchment - watercourse - reservoir system. St. Petersburg: Nestor-Istoriya; 2019. 248 p. (In Russ.)
- Lakin G. F. Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola; 1990. 207 p. (In Russ.)
- Minakova E. A., Latypova V. Z., Stepanova N. Yu. Environmental regulation of anthropogenic loads on aquatic ecosystems. *Ekologicheskii konsalting = Environmental Consulting*. 2004;4(16):3-10. (In Russ.)
- Minakova E. A. Main factors shaping the quality of surface waters in the Republic of Tatarstan (cases of the Kazanka, Sviyaga, Stepnoy Zay Rivers). Kazan: Foliant; 2020. 184 p. (In Russ.)
- Minakova E. A., Shlychkov A. P., Kondrat'ev S. A., Latypova V. Z. Migration flows of nutrient elements in the catchment area - water body geosystem in modern conditions. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii = Ecology of Urbanized Territories*. 2022;2:13-21. (In Russ.). doi: 10.24412/1816-1863-2022-2-13-21
- Minakova E. A., Shlychkov A. P., Leonova T. Sh., Latypova V. Z., Minakova D. A. Features of the external biogenic load distribution on water bodies in various physical and geographical regions of the Republic of Tatarstan. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii = Ecology of Urbanized Territories*. 2023;1:33-37. (In Russ.). doi: 10.24412/1816-1863-2023-1-33-37
- Naumenko M. A. Eutrophication of lakes and reservoirs. Study guide. St. Petersburg: RGGMU; 2007. 100 p. (In Russ.)
- Panofsky H. A., Brier G. W. Statistical methods in meteorology. Leningrad: Hydrometeoizdat; 1972. 200 p. (In Russ.)
- Perel'man A. I. Landscape geochemistry. Moscow: Vysshaya shkola; 1975. 342 p. (In Russ.)
- Perel'man A. I. Geochemistry of natural waters. Moscow: Nauka; 1982. 150 p. (In Russ.)
- Pozdnyakov Sh. R., Bryukhanov A. Yu., Kondrat'ev S. A., Ignat'eva N. V., Shmakova M. V., Minakova E. A., Rasulova A. M., Oblomkova N. S., Vasil'ev E. V., Terekhov A. V. Prospects for reducing the removal of biogenic elements from river catchments through the introduction of the best available technologies (BAT) for agricultural production (based on modeling results). *Vodnye resursy = Water Resources*. 2020;47(5):588-602. (In Russ.). doi: 10.31857/S0321059620050168
- Pozdnyakov Sh. R., Kondrat'ev S. A., Minakova E. A., Bryukhanov A. Yu., Ignat'eva N. V., Shmakova M. V., Ivanova E. V., Oblomkova N. S., Terekhov A. V. Assessment of the biogenic load on the Kuibyshev Reservoir from the catchment area. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*. 2019;3:67-76. (In Russ.). doi: 10.21782/GIPRO206-1619-2019-3(67-76)
- Pozdnyakov Sh. R., Kondrat'ev S. A., Tarbaeva V. M., Shmakova M. V., Bryukhanov A. Yu., Vorob'eva E. A., Oblomkova N. S. Scientific substantiation of the implementation of HELCOM recommendations to reduce the biogenic load on the Gulf of Finland from Russia. *Vestnik SPbGU. Ser. 7. Geologiya. Geografiya = Bulletin of St. Petersburg State University. Ser. 7. Geology. Geography*. 2016;4:53-65. (In Russ.). doi: 10.21638/11701/spbu07.2016.405
- Rossolimo L. L. Changes in limnic ecosystems under the influence of anthropogenic factors. Moscow: Nauka; 1977. 205 p. (In Russ.)
- Saet Yu. E., Revich B. A., Yanin E. P., Smirnova R. S., Basharkevich I. L., Onishchenko T. L., Pavlova L. N., Trefilova N. Ya., Achkasova A. I., Sarkisyan S. Sh. Geochemistry of the environment. Moscow: Nedra; 1990. 335 p. (In Russ.)
- Schindler D. W. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. *Science*. 1974;174:897-899. doi: 10.1126/science.184.4139.897
- Shil'krot G. S. Causes of anthropogenic eutrophication of water bodies. *Obshchaya ekologiya. Biogeotsenologiya. Gidrobiologiya. T. 2: Antropogennoe evtrofirovanie vodoemov = General ecology. Biogeocenology. Hydrobiology. Vol. 2: Anthropogenic eutrophication of water bodies*. Moscow; 1975. P. 61-99. (In Russ.)
- State report 'On the state of natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2012'. Kazan; 2013. 500 p. (In Russ.)
- UN conference on water resources. Mar del Plata. Argentina. March 14-25, 1977. New York; 1977. 28 p. (In Russ.)
- Vasil'ev V. A., Filippova N. V. Handbook of organic fertilizers. Moscow: Rosagropromizdat; 1988. 255 p. (In Russ.)
- Yasinskii S. V., Gurov F. N. Method for assessing the characteristics of the diffusion of pollutants of small rivers based on the landscape-horological approach (case of the Istra River). *Vodnoe khozyaistvo Rossii = Water Management of Russia*. 2006;2:63-91. (In Russ.)
- Yasinskii S. V., Kashutina E. A., Sidorova M. V., Narykov A. N. Anthropogenic load and the effect of drainage area on the diffuse runoff of nutrients into a large water body: case study of the Cheboksary Reservoir. *Vodnye resursy = Water Resources*. 2020;47(5): 630-648. (In Russ.). doi: 10.31857/S0321059620050223

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Минакова Елена Анатольевна

канд. геогр. наук, доцент

e-mail: ekologyhel@mail.ru

Шлычков Анатолий Петрович

канд. геогр. наук, доцент

e-mail: anatoliy.shlychkov@yandex.ru

Кондратьев Сергей Алексеевич

д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник

*e-mail: kondratyev@limno.org.ru,
3718470@gmail.com*

Латыпова Венера Зиннатовна

член-корр. АН РТ, д-р хим. наук, профессор

e-mail: ecoanrt@yandex.ru

Минакова Дарья Александровна

магистрант

e-mail: lfieyz007@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Minakova, Elena

Cand. Sci. (Geog.), Associate Professor

Shlychkov, Anatoly

Cand. Sci. (Geog.), Associate Professor

Kondratyev, Sergey

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Chief Researcher

Latypova, Venera

Corresponding Fellow of the Academy of Sciences
of the Republic of Tatarstan, Dr. Sci. (Chem.), Professor

Minakova, Dar'ya

Master's Student