

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-25-31>

УДК 631.432:627.5(470.311)



ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВЫХ ВОД МАЛОЙ РЕКИ ЛОКНАШ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.С. Искричев[✉], Ю.Г. Безбородов, С.Н. Редников

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова; 127434, Москва, Б. Академическая, 44, Россия

Аннотация. Целью исследований являлась оценка уровня загрязненности почв и грунтовых вод водосборной площади малой реки. Для этого территория была районирована по целевому назначению земель и выявлено 4 категории: земли сельскохозяйственного назначения; земли водного фонда; земли лесного фонда; земли сельских поселений. Для оценки влияния каждой категории на загрязненность почв и вод были намечены створы по руслу малой реки. При исследовании определялись физико-химические и микробиологические показатели. Результаты исследований показали, что ввиду чрезмерной антропогенной нагрузки в грунтовых водах наблюдаются загрязнения по таким элементам, как фосфаты и нитраты. Кроме того, в почве наблюдается повышенный уровень содержания фосфора и общей закономерностью является содержание азота, фосфора, калия, а также то, что общая численность почвенных микроорганизмов снижается от истока к устью.

Ключевые слова: малая река, диффузное загрязнение, уровень загрязненности, почвы, грунтовые воды

Формат цитирования: Искричев Д.С., Безбородов Ю.Г., Редников С.Н. Оценка загрязнения почв и грунтовых вод малой реки Локнаш в Московской области // Природообустройство. 2024. № 1. С. 25-31. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-25-31>

Original article

ASSESSMENT OF SOIL AND GROUNDWATER POLLUTION OF THE SMALL LOKNASH RIVER IN THE MOSCOW REGION

D.S. Iskrichev[✉], Yu.G. Bezborodov, S.N. Rednikov

Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev. Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction named after A.N. Kostyakov; 44, B. Akademicheskaya, Moscow, 127434, Russia

Abstract. The purpose of the study was to assess the level of contamination of soils and groundwater in the catchment area of a small river. For this purpose, the territory was zoned according to the intended purpose of the land and four categories were identified: agricultural lands, water fund lands, forest fund lands, and rural settlement lands. To assess the impact of each category on soil and water pollution, cross-sections were identified along the small river bed. The study determined physicochemical and microbiological parameters. Research results have shown that due to excessive anthropogenic load, groundwater is polluted with elements such as phosphates and nitrates. In addition, an increased level of phosphorus content is observed in the soil, and a general pattern is observed – the content of nitrogen, phosphorus, potassium, as well as the total number of soil microorganisms decreases from source to mouth.

Keywords: small river, diffuse pollution, pollution level, soils, groundwater

Format of citation: Iskrichev D.S., Bezborodov Y.G. Assessment of soil and groundwater pollution of the small Loknash River in the Moscow region // Prirodobustrojstvo. 2024. No 1. P. 25-31. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-1-25-31>

Введение. На территории России насчитывается 2,5 млн малых рек, на долю которых приходится 50% общего объема речного стока. В настоящее время экологическое состояние почвы в бассейнах малых рек, особенно Московской области, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки оценивается как

неудовлетворительное: значительно сократился водный сток малых рек, часть из них уже исчезла, другие находятся на пороге исчезновения [1].

Под экологическим состоянием бассейна малой реки понимается возможность использования земельных ресурсов, расположенных в границах бассейна, для сельского хозяйства.

При этом основными источниками нарушения экологического равновесия малой реки являются состояние водосборной территории и присутствие на ней точечных и диффузных источников загрязнения [2].

В почвенном покрове Московской области в лесной зоне господствуют дерново-подзолистые почвы и подзолы. Значительные площади заняты болотно-подзолистыми почвами (подзолистые и дерново-подзолистые глееватые и глеевые) под влажными и сырыми хвойными и смешанными лесами. Под широколиственными лесами формируются серые лесные почвы (светло-серые, серые, темно-серые), при повышенном увлажнении – глееватые и глеевые. При увлажнении жесткими водами образуются дерновые темно-цветные, при близком залегании карбонатных пород – дерновые карбонатные почвы [3].

Сущность диффузного загрязнения заключается во внесении в подземные или поверхностные воды водосбора, загрязняющих веществ, микроорганизмов или тепла под влиянием хозяйственной деятельности [4]. Масштабы диффузного загрязнения малых рек оценить сложно. Можно лишь предположить, что загрязнению подвергаются в той или иной степени все малые реки, в бассейне которых имеет место хозяйственная деятельность.

Проблема диффузного загрязнения рек изучалась и ранее такими учеными, как А.В. Трофимов, В.М. Яшин, Л.В. Кирейчева. В своих работах они установили, что диффузный сток с сельскохозяйственных земель, а также с земель поселений оказывает значительное влияние на загрязнение рек. В частности, установлено, что загрязнение фосфатами происходит посредством сточных вод [5].

Основным методом выявления загрязнений является установление концентраций биогенных химических элементов в исследуемых пробах почв и грунтовых вод. Особенностью оценки уровня загрязнений бассейнов малых рек с зарегулированным стоком является необходимость отбора проб до гидротехнического сооружения и после него, так как водохранилище не только влияет на уровень и распределение влажности, но и является накопителем для химических элементов.

Цель исследований: выявление загрязнения почв и грунтовых вод в бассейне малой реки Локнаш Волоколамского района Московской области, изучение особенностей почв, подверженных влиянию зарегулированного стока малой реки.

Материалы и методы исследований. В соответствии с выбранной темой исследований был произведен выбор малой реки в Московской

области – такой, чтобы критериями для выбора водного объекта служили следующие параметры:

- достаточное количество агроландшафтов на протяжении течения малой реки, которое позволило бы сделать исследование релевантным для сельскохозяйственных угодий, находящихся в бассейнах малых рек Московского региона;

- наличие перелесков у истока реки, что позволило бы отделить влияние агроландшафтов от иных загрязнителей;

- наличие мест постоянного либо сезонного пребывания людей, что позволит отследить их антропогенное влияние на малую реку и агроландшафты, находящиеся ниже по течению.

Для дальнейшего исследования была выбрана река Локнаш в Волоколамском районе Московской области, так как она полностью соответствует указанным выше параметрам. Исследуемая малая река Локнаш протекает на территории Волоколамского района Московской области. В соответствии с почвенно-экологическим районированием территория исследуемого объекта относится к зоне дерново-подзолистых почв южной тайги, почвенно-биоклиматическая область – Европейско-Западно-Сибирская таежно-лесная.

Уникальность выбранной реки заключается в том, что, во-первых, она является водоприемником закрытой осушительной сети прилегающих к ней земель сельскохозяйственного назначения; во-вторых, сток реки зарегулирован и на ней имеется водохранилище сезонного регулирования; в-третьих, в ее бассейне располагаются 4 различные категории земель земельного фонда.

Исходя из вышеперечисленных признаков, можно утверждать, что исследования, проводимые на данном объекте, являются новыми. Бонитет почвенного покрова составляет 40 баллов. Структура земельных угодий распределена следующим образом: пашня – 29%; сенокосы – 4%; пастбища – 7%; леса – 50%; иные угодья – 9%. Был рассмотрен ближайший к исследуемому объекту почвенный разрез № 405 из профильной атрибутивной базы данных РФ [6]. В соответствии с данными о разрезе была составлена таблица средних показателей почвы разреза № 405 (табл. 1).

На исследуемой территории преобладают дерново-подзолистые почвы, которые являются более плодородными, чем подзолистые. Они не такие кислые, как подзолистые, и достаточно богаты гумусом.

Исток малой реки у деревни Богаиха впадает в Большую Сестру в 20 км от ее устья по правому берегу в районе деревни Малое

Стромилово, течет в глубокой долине по полям и перелескам. Русло извилистое, длина реки составляет 15 км (рис. 1). Рекогносцировочное и картографическое обследование реки Локнаш, проведенное в осенний период 2021 г., позволило определить 5 створов по течению реки, в которых в дальнейшем проводились исследования почв, прилегающих агроландшафтов и грунтовых вод. Между створами 2 и 3 река преобразуется в слабopоточное водохранилище, так как в районе 3 створа перекрыта земляной плотиной.

Данное водохранилище является постоянным местом неорганизованной рекреации

населения. Ниже по течению, между створами 4 и 5, расположено садовое некоммерческое товарищество, где система централизованного водоотведения отсутствует.

Бассейн реки, как и бассейны других рек, испытывает чрезмерную антропогенную нагрузку от различных источников загрязнения [4]. Водосборная территория бассейна р. Локнаш (рис. 2) составляет 2995,25 га, из них земли сельскохозяйственного назначения – 826,38 га, земли поселений – 161,66 га, земли водного фонда – 47,58 га, земли особо охраняемых территорий (ООТ) – 4,82 га. Остальную

Таблица 1. Средние показатели почвы разреза № 405

Table 1. Average soil indicators of the section No. 405

Глубина отбора проб, см <i>Sampling depth, cm</i>	Общий азот, мг/кг <i>Total nitrogen, mg/kg</i>	pH солевой <i>pH saline</i>	Плотность почвы, г/см ³ <i>Soil density, g/cm³</i>
0-15	200	4,6	1,11
15-25	220	4,2	1,30
25-30	340	4,3	1,34
30-47	20	4,2	1,51
47-77	10	4,0	1,59
77-130	10	4,2	1,62

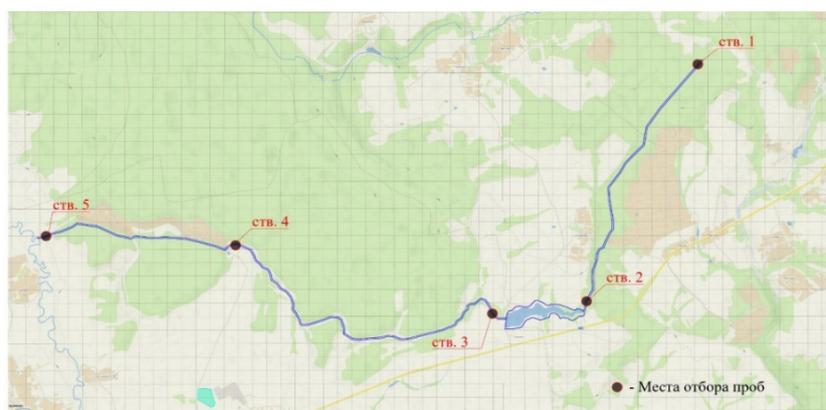


Рис. 1. Район обследования реки Локнаш

Fig. 1. Loknash River Survey Area

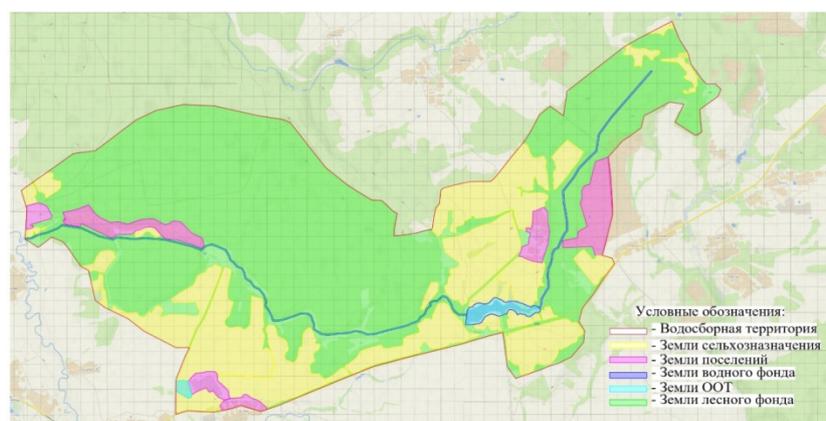


Рис. 2. Схема водосбора р. Локнаш

Fig. 2. Scheme of water catchment area of the Loknash River

площадь занимают леса и перелески, которые относятся к землям лесного фонда.

Для оценки характеристик грунтовых вод в весенне-летний период 2022 г. произведен отбор проб в створах 2, 3 и 5. Отбор проб производился в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Определяли показатели нитратов и фосфатов. Исследования проводились в лабораторных условиях, методологическую основу испытаний составляли ПНД Ф 14.1:2:4.4-95, ПНД Ф 14.1:2:4.248-07.

Анализировали результаты испытаний, руководствуясь СанПиН 1.2.3685-21 [7], интерпретировали их по публикации Г.Н. Голубева [3], а также в соответствии с указаниями Роспотребнадзора [8].

Чтобы оценить состояние почв в створах по течению реки Локнаш, были взяты пробы почв в створах 2, 3 и 5, а также произведены почвенно-мелиоративные изыскания в створах 2-5 (рис. 1). При исследовании почв определялись следующие физико-химические показатели: общий азот, обменный калий, подвижные соединения фосфора, рН, общая численность почвенных микроорганизмов, гранулометрический состав, влажность и плотность почв. Характерным для водорастворимых соединений дерново-подзолистых почв является значительное преобладание органических веществ над минеральными. Это указывает на большую подвижность перегнойных соединений, которая обусловлена их составом, а также на обедненность дерново-подзолистых почв основаниями, главным образом – кальцием, магнием и натрием.

Сульфаты магния и натрия являются компонентами засоленных почв, которые требуют промывки или других видов мелиорации. В условиях формирования дерново-подзолистых почв при промывном водном режиме определять наличие сульфатов на объекте исследований авторы не стали. Наличие хлоридов, аммония, обменного и водорастворимого натрия в дерново-подзолистых почвах наблюдается в зоне влияния животноводческих комплексов и птицефабрик. Таких объектов в бассейне реки Локнаш нет. Несмотря на это, авторы произвели анализ взятых проб в указанных выше створах на наличие в донных отложениях иона-хлорида. Во всех створах содержание иона-хлорида было одинаковым – 0,2 ммоль / 100 г.

Исследования проб проводились в лабораторных условиях, во всех створах производились прикопки в соответствии с нормативно-методическим указаниями. Для определения плотности почв использовался метод Качинского, термостатно-весовым методом определяли влажность почв, агрегатный состав определен методом сухого

просеивания. Химические показатели определяли по ГОСТ Р 58596-2019 г., ГОСТ Р 26210-91 1992 г. и ФР.1.31.2015.209582015 г. Общая численность микроорганизмов определена в соответствии с методическими указаниями МУК 4.2.3695-21. Раздел VII, п. 7.1. Результаты оценивали по Г.В. Мотузовой и О.С. Безугловой, а также по Г.П. Гамзикову.

Результаты и их обсуждение. По результатам исследований отобранных проб грунтовых вод обнаружено превышение допустимых для природных вод показателей по нитратам в створе 3 (табл. 2) [9].

Массовая доля нитратов в чистой природной воде не превышает 9 мг/дм³ [9]. Такое локальное превышение в одном из створов может свидетельствовать о том, что на прилегающих агроландшафтах используют нитратные удобрения, которые через почву попадают в грунтовые воды. Массовая доля фосфатов в отобранных пробах также превышает допустимые показатели для природных вод (0,01 мг/дм³). Превышение по фосфатам в грунтовых водах (0,0163-0,03 мг/дм³) ниже, чем в сточных водах (0,146-0,52 мг/дм³). Это может говорить о том, что фосфаты из сточных вод все же попадают в грунтовые, однако значительная их часть задерживается почвой либо попадает в поверхностные воды вместе со стоком.

Почва в бассейне малой реки Локнаш, отобранная в створах, является преимущественно дерново-подзолистой. Значительно отличается по результатам сухого просеивания от остальных почва в створе 4, где преобладает мелкий песок, тогда как в других створах большую часть составляют крупный песок и мелкий гравий (табл. 3).

Результат измерений плотности почв показал, что почвы во всех створах переуплотнены, плотность увеличивается с глубиной, в слое 0-20 см почвы менее плотные, чем в слое 20-50 см (рис. 3). Самая переуплотненная почва – в створе 3, что характерно для почвы, на которой осуществляется сельскохозяйственная

Таблица 2. Среднее содержание индикаторов в грунтовых водах водосбора реки Локнаш

Table 2. Average content of indicators in groundwater of the Loknash River catchment area

Створ № <i>Section No</i>	Нитраты, мг/дм ³ <i>Nitrates, mg / dm³</i>	Фосфаты, мг/дм ³ <i>Phosphates, mg/dm³</i>
2	0,75	0,03
3	8,9	0,04
5	1,57	менее 0,0163

деятельность. В данном створе находятся действующие сельскохозяйственные угодья, которые участвуют в интенсивном сельскохозяйственном производстве. Сравнивая показатели с данными по разрезу № 405, стоит отметить, что плотность в нашем случае в 4 из 5 створов выше, чем на вышеуказанном разрезе.

Переуплотненная почва оказывает большое сопротивление корням растений. В плотные почвы плохо проникает вода, затрудняется воздухообмен между почвенным и атмосферным воздухом, ухудшается деятельность микроорганизмов. Все это ведет к снижению урожайности и уровня биологической самоочистки почв от загрязнений. Плотность почвы в пахотном слое в разрезе № 405 (табл. 1) составляет $1,11 \text{ мг/см}^3$. Почвы в бассейне реки Локнаш и в пределах разреза № 405 – дерново-подзолистые и однородные по свойствам с почвами исследуемого бассейна малой реки [6]. Оптимальная плотность для большинства сельскохозяйственных культур составляет $1-1,2 \text{ г/см}^3$ [9].

Результаты измерения влажности почв (рис. 4) позволяют обнаружить зависимость между сниженным уровнем влажности и высокой плотностью почв в створе 3. Влага из пахотного слоя в сниженном количестве попадает в подпахотный слой, так как большая ее часть испаряется, причиной чего является переуплотненность почв. Также наблюдается особенность данной малой реки, обусловленная в первую очередь зарегулированным стоком, а именно наличием водохранилища и плотины. Влияние данного гидротехнического сооружения можно наблюдать на показателях влажности почвы. Выше по течению реки (створы 1 и 2) влажность заметно выше, чем сразу же после плотины (створ 3). В створах 3 и 4 влажность заметно ниже, чем в створе 5. Это можно объяснить тем, что по течению реки между створами 4 и 5 находится поселение, в котором отсутствует центральная система водоотведения, а также в непосредственной близости к створу 5 располагается садовое некоммерческое товарищество.

Таким образом, в створе 3 наблюдается сниженный по сравнению с другими створами уровень влажности. В данном створе влага наиболее необходима, что говорит о востребованности проведения мелиоративных мероприятий, направленных на снижение плотности почвы в данном створе.

Считаем, что именно мероприятия по снижению плотности почвы положительно скажутся и на уровне влажности. В данном случае актуальным является использование мелиоративных мероприятий (например, мульчиро-

вания), направленных на снижение плотности почв [10].

Наряду с физическими свойствами почв большой интерес с точки зрения мелиорации и сохранения свойств малой реки как водосточника представляют содержание химических веществ и уровень биологической активности почвы (табл. 4). В качестве индикатора загрязненности почв использовались показатели содержания азота, фосфора и калия [5]. Для оценки уровня биологической активности почвы определяли общую численность почвенных микроорганизмов (ОМЧ) [11].

Таблица 3. Результат сухого просеивания почвы в бассейне реки Локнаш

Table 3. Result of dry sifting in the Loknash river basin

Слой 0-20 см / Layer 0-20 cm					
Сито, мм Sieve, mm	Створ 1 Section 1	Створ 2 Section 2	Створ 3 Section 3	Створ 4 Section 4	Створ 5 Section 5
10	35%	31,5%	16%	4%	6,5%
7	12,5%	14%	20,5%	3%	16,5%
5	11,5%	13%	20%	4%	17,5%
3	14,5%	15%	19,5%	5,5%	22,5%
1	18,5%	16%	16%	6,5%	32%
0,5	2,5%	1,5%	2%	3%	1%
0,25	2,5%	1%	2,5%	7,5%	2,5%
<0,25	3%	8%	3,5%	66,5%	1,5%
Слой 20-50 см / Layer 20-50 cm					
Сито, мм Sieve, mm	Створ 1 Section 1	Створ 2 Section 2	Створ 3 Section 3	Створ 4 Section 4	Створ 5 Section 5
10	29%	13%	34,5%	13%	7,5%
7	14,5%	15%	15,5%	3,5%	10%
5	11,5%	19%	13%	4,5%	16%
3	15,5%	21%	15%	6,5%	25%
1	20,5%	19%	16,5%	10,5%	34%
0,5	4,5%	1,5%	1,5%	3,5%	4,5%
0,25	2%	1%	0,5%	14,5%	1,5%
<0,25	2,5%	10,5%	3,5%	44%	1,5%

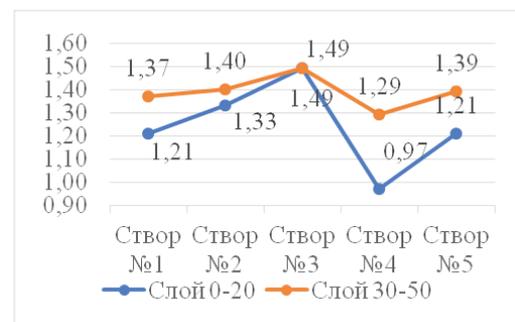


Рис. 3. Плотность почв в исследуемых створах реки Локнаш
Fig. 3. Soil density in the studied sections of the Loknash River

Наблюдается высокий уровень азота во всех створах. Сопоставляя показатели уровня содержания азота с разрезом № 405, можно отметить, что уровень азота в слое 0-15 составляет 200 мг/кг, тогда как в наших створах – 170-190,



Рис. 4. Процентное соотношение всей почвенной влаги к сухому грунту в бассейне реки Локнаш

Fig. 4. Percentage of all soil moisture to dry soil in the Loknash River basin

Таблица 4. Результат анализа почв в бассейне реки Локнаш

Table 4. Results of the soils analysis in the Loknash River basin

Створ № Section	Общий азот, мг/кг Total nitrogen, mg/kg	Обменный калий, мг/кг Exchangeable potassium, mg/kg	Подвижные соединения фосфора, мг/кг Mobile phosphorus compounds, mg/kg	Общая численность почвенных микроорганизмов (ОМЧ), КОЕ/г Total number of soil microorganisms (TNM), COE/g	pH, ед. pH, unit
2	190	111	172	37500	5,78
3	170	78	235	29500	5,64
5	180	56	109	26000	5,60

Выводы

Результаты исследований почв и грунтовых вод в бассейне малой реки Локнаш, проведенных в весенний период 2022 г., показали, что ввиду чрезмерной антропогенной нагрузки в грунтовых водах наблюдается превышение допустимого для природных вод уровня концентраций по таким элементам, как фосфаты и нитраты. На основании наличия в бассейне реки сразу нескольких категорий земель, а также с учетом научных публикаций на данную тему выдвинуто предположение того, что малая река подвергается загрязнению, связанному с хозяйственной

и это лишь незначительно ниже уровня сравняемого разреза. Уровень фосфора в створах 2 и 3 является высоким, в створе 5 уровень повышенный, но также находится выше средних значений (50-100 мг/кг) [1].

Совсем иной является ситуация с содержанием калия в исследуемых пробах. В створе 2 калий находится на среднем уровне, в створах 3 и 4 уровень калия низкий, что говорит о том, что загрязнения калием не наблюдается [12]. Примечательно, что уровень калия снижается от истока к устью. Биологическая активность почвы указывает на ее способность к самоочищению. Примечательно то, что уровень ОМЧ увеличивается пропорционально калию, уменьшается от истока к устью.

Практическая значимость данных исследований заключается в том, что дальнейшие их результаты и способы проведения можно использовать в бассейнах других малых рек России, которых насчитывается около 2,5 млн.

деятельностью человека. Основная нагрузка на реку Локнаш по фосфору, фосфатам и азоту приходится на загрязнения, поступающие с сельскохозяйственных угодий посредством диффузного стока. Дальнейшие межгодовые и межсезонные исследования позволят достоверно установить корреляционные зависимости между исследуемыми показателями, а также обосновать мелиоративные мероприятия в бассейне малой реки Локнаш. Важной особенностью малой реки Локнаш является годовое регулирование стока плотинами, что повлияло на уровень влажности почв.

Список использованных источников

1. Воронин А.В., Киселева С.П., Рыков С.В. Экологические проблемы использования малых рек // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2007. № 3. С. 74-77. EDN JWKDWX.
2. Селезнев В.А. Комплексная оценка экологического состояния малых рек (на примере реки Подстепновки) / Селезнева А.В., Рахуба А.В. и др. // Водное хозяйство России. 2018. № 6. С. 83-100.
3. Голубев Г.Н. Геоэкология: учебник для студентов вузов. М.: ГЕОС, 1999. 338 с.

References

1. Voronin A.V., Kiseleva S.P., Rykov S.V. Ecological problems of the use of small rivers. Series: Ecology and life safety. // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. 2007. № 3. P. 74-77. – EDN JWKDWX.
2. Seleznev V.A., Selezneva A.V., Rakhuba A.V. [et al.] Comprehensive assessment of the ecological state of small rivers (on the example of the Podstepnovka River) // Water Economy of Russia. 2018. № 6. P. 83-100.
3. Golubev G.N. Geoecology. Textbook for university students. Moscow, GEOS Publ., 1999. 338 p.

4. Слабунова А.В., Суrowикина А.П. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2. С. 124-139.

5. Кирейчева Л.В. Оценка диффузного загрязнения биогенными веществами с сельскохозяйственных угодий в бассейне реки Яхромы (Московская область) / Яшин В.М., Лентяева Е.А., Тимошкин А.Д. // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения: сборник научных трудов. Нижний Новгород: Студия Ф1, 2019. С. 379-384. EDN FRXPCC.

6. Профильная атрибутивная база данных РФ // Информационная система «Почвенно-географическая база данных России». URL: <https://soil-db.ru/map/profiles>.

7. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. docs.cntd.ru/document/573500115.

8. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в республике Адыгея». URL: <https://fbuz01.rosпотребнадзор.ru/dlya-grazhdan/konsultatsionnyy-tsentr/nitraty-v-vode-eto-opasno/>.

9. Кузнецова Я.В. Определение нитратов в поверхностной воде потенциометрическим методом // Наука молодых: Материалы Региональной межвузовской студенческой научно-практической конференции (г. Орел, 18 июня 2021 г.). Орел: Изд-во Картуш, 2021. С. 193-198. EDN SAYINU.

10. Бешкильцева Т.А. Влияние плотности почвы на продуктивность зерновых культур // Агро-21. 2007. № 1-3. С. 42-44. EDN IAKWVN.

11. Безбородов Ю.Г., Безбородов Г.А., Безбородов А.Г. Ресурсосберегающие технологии орошения: монография. М.: РГАУ-МСХА, 2016. 195 с. ISBN 978-5-9675-1527-9

12. Минеев В.Г. Тенденции изменения калийного состояния почв и экологические функции калия почвы и калийных удобрений // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений: материалы научно-практической конференции. М.: ЦИНАО, 2002. С. 8-20. EDN VZQTZN.

Об авторах

Даниил Сергеевич Искричев, аспирант, iskri4ev@mail.ru

Юрий Германович Безбородов, д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства; <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>; ubezborodov@rgau-msha.ru

Сергей Николаевич Редников, д-р техн. наук, доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами; ORCID: 0000-0003-3435-7166; SCOPUS: 57170810400; srednikov@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Искричев Д.С., Безбородов Ю.Г. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Criteria of authorship

The authors declare no conflict of interest / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации. / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 29.05.2023

Поступила после рецензирования / Received after peer review vided 10.12.2023

Принята к публикации / Accepted for publication 15.12.2023

4. Slabunova A.V., Surovikina A.P. On the problem of diffuse pollution of water objects // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2020. № 2. P. 124-139.

5. Kireycheva L.V., Yashin V.M., Lentyaeva E.A., Timoshkin A.D. Assessment of diffuse pollution by biogenic substances from agricultural lands in the basin of the Yakhroma River (Moscow region) // Scientific problems of improvement of Russian rivers and ways of their solution: collection of scientific works. Nizhny Novgorod: Studio F1, 2019. P. 379-384. – EDN FRXPCC.

6. Profile attributive database of the Russian Federation // Information System Soil-Geographic database of Russia URL: <https://soil-db.ru/map/profiles>

7. SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” docs.cntd.ru/document/573500115

8. “Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Adygea” URL: <https://fbuz01.rosпотребнадзор.ru/dlya-grazhdan/konsultatsionnyy-tsentr/nitraty-v-vode-eto-opasno/>

9. Kuznetsova Ya.V. Determination of nitrates in surface water by the potentiometric method // Science of the young: materials of the regional interuniversity student scientific and practical conference, Orel, June 18, 2021. Orel: Kartouch Publ., 2021, pp. 193-198. – EDN SAYINU.

10. Beshkiltseva T.A. Influence of soil density on the productivity of grain crops // Agro 21. 2007. № 1-3. P. 42-44. – EDN IAKWVN.

11. Bezborodov Yu.G., Bezborodov G.A., Bezborodov A.G. Resource-saving irrigation technologies: Monograph. Moscow, RSAU-MSHA Publ., 2016. 195 p. ISBN978-5-9675-1527-9

12. Mineev V.G. Tendencies of changes in the potassium state of soils and ecological functions of potassium soil and potassium fertilizers // Ecological and agrochemical assessment of the state of the potassium regime of soils and the efficiency of potassium fertilizers: materials of scientific and practical conference. Moscow, TSINAO Publ., 2002. P. 8-20. – EDN VZQTZN.

Author information

Daniil S. Iskrichev, postgraduate student of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management; iskri4ev@mail.ru

Yuri G. Bezborodov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>; ubezborodov@rgau-msha.ru

Sergey N. Rednikov, doctor of technical sciences, associate professor of the department of hydraulics, hydrology and management of water resources; Leader 4328126; ORCID: 0000-0003-3435-7166; SCOPUS: 57170810400; srednikov@mail.ru

Iskrichev D.S., Bezborodov Y.G., Sergey N. Rednikov performed theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have copyright on the article and are responsible for plagiarism.