



УДК 659.1
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616

Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия

¹Широкова В.А., ²Юрова Ю.Д.

¹Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН
Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, 14

²Государственный университет по землеустройству,
Россия, 105064, Москва, ул. Казакова, 15
E-mail: yuliya.yurova.1996@mail.ru

Аннотация. В работе изложены результаты геоэкомониторингового скрининга при создании геоэкологического паспорта бассейна р. Осетр, проводимого в Веневском, Зарайском, Луховицком районах на исследуемом участке от нп. Махринка до нп. Акатьево за 2020–2021 гг. Для формирования комплексной геоэкологической оценки водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия разработана и апробирована оригинальная методика скрининга водосборной территории бассейна р. Осетр в условиях чувствительности к антропогенному воздействию на основе предлагаемых автором установленных методов оценки экологического риска антропогенного воздействия на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей; создан геоэкологический портал «Геоэкологический паспорт водосборного бассейна р. Осетр», основанный на результатах комплексного геоэкологического скрининга территории с применением GIS-технологий; проведена комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории бассейна р. Осетр с выделением зон повышенного геоэкологического риска, уровней загрязнения водоема, доли и степени антропогенного воздействия.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг, геоэкологическая оценка, скрининг, паспорт водного объекта, туристско-рекреационный потенциал.

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90019.

Для цитирования: Широкова В.А., Юрова Ю.Д. 2021. Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия. Региональные геосистемы, 45(4): 601–616. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616

Comprehensive Geoecological Assessment of the Catchment Area of the Osetr River Under Anthropogenic Impact

¹Vera A. Shirokova, ²Yuliya D. Yurova

Institute for the History of Natural Science and Technology
named after S.I. Vavilov of the RAS

14 Baltic St, Moscow 125315, Russia,

²State University of Land Use Planning,

15 Kazakova St, Moscow 105064, Russia

E-mail: Yuliya.yurova.1996@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of geoecological monitoring screening when creating a geoecological passport for the Osetr river basin, carried out in Venevsky, Zaraysky, Lухovitsky districts in the study area from Makhlinka to Akatyevovo for 2020-2021. To form a comprehensive geoecological



assessment of the catchment area of the Osetr River in conditions of anthropogenic impact, an original method of screening the catchment area of the Osetr river basin in conditions of sensitivity to anthropogenic impact has been developed and tested on the basis of the established methods proposed by the author for assessing the environmental risk of anthropogenic impact on river ecosystems, taking into account their regional characteristics; a geoecological portal “Geoecological passport of the catchment area of the Osetr river basin” was created, based on the results of a comprehensive geoecological screening of the territory using GIS-technologies; a comprehensive geoecological assessment of the catchment area of the Osetr river basin was carried out with the identification of zones of increased geoecological risk, levels of pollution of the reservoir, the proportion and degree of anthropogenic impact.

Keywords: geoecological monitoring, geoecological assessment, screening, water body passport, tourist and recreational potential.

Acknowledgements: The reported study was funded by RFBR, project number № 20-35-90019

For citation: Shirokova V.A., Yurova Yu.D. 2021. Comprehensive geoecological assessment of the catchment area of the Osetr River under anthropogenic impact. *Regional Geosystems*, 45(4): 601–616 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616

Введение

Исследования современного состояния водосборных территорий малых и средних рек имеют большое значение как в теоретическом, так и в практическом аспектах и приобретают большую актуальность в связи с ростом антропогенной нагрузки.

Малые и средние реки, максимально приближенные к потребителям, отражают экологическое состояние окружающей среды. Ключевой особенностью формирования малых и средних рек считается их тесная связь с водосборной территорией. Малые и средние реки определяют гидрологические и гидрохимические характеристики крупных рек, что делает их уязвимыми к чрезмерному/избыточному использованию как водных ресурсов, так и водосборных бассейнов.

Карпенко Н.П. (2018) при разработке методики оценки геоэкологической ситуации бассейнов малых рек, которые существенно реагируют на любые антропогенные воздействия в пределах водосбора отметила, что водосборные бассейны средних и малых рек стали предметом особого внимания из-за высокой степени их трансформации в результате антропогенной деятельности.

В настоящее время антропогенное воздействие на бассейны рек, водосборные площади и непосредственно на водные объекты растет очень быстро, что связано с большими темпами роста городов и развивающейся в них промышленностью, сельского хозяйства, увеличением транспортных сетей и самого транспорта, что приводит к изменению качества и функционирования водных экосистем.

Одной из важнейших функций геоэкологической оценки антропогенного воздействия на территорию водосборного бассейна становится мониторинг состояния и изменения водных объектов. Оценка предполагает сопоставление фактического или прогнозируемого состояния с заранее определенными критериями и выявление существующих проблем, а в качестве критериев возможно использование показателей исходного состояния наблюдаемых объектов, фоновые характеристики степени возможного воздействия человека на водные объекты.

Актуальность исследований обусловлена ежегодным увеличением антропогенной нагрузки на компоненты геосистем бассейнов малых и средних рек.

Авторами проведен геоэкологический скрининг бассейна р. Осетр в Веневском, Зарайском, Луховицком районах на исследуемом участке от нп. Махринка до нп. Акатьево за 2020–2021 гг.

Для достижения поставленной цели – формирования комплексной геоэкологической оценки водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия, выполнены следующие задачи:

- создана научно-информационная геоэкологическая база данных бассейна р. Осетр;
- проведен анализ распределения чувствительности к антропогенному воздействию компонентов геосистем на водосборной территории бассейна р. Осетр с учетом гидрологических, ландшафтных, климатических особенностей региона;
- оценено качество поверхностных и подземных вод, почвенного покрова, донных отложений с определением основных химических (интегральных), санитарно-бактериологических (специфических), микробиологических показателей, а также физических факторов риска;
- разработана оригинальная методика оценки антропогенного воздействия на водосборную территорию бассейна р. Осетр на основе комплекса, включающего метод применения геоинформационно-картографического отображения историко-географических ситуаций на разновременных срезах, ГИС-моделирование природно-антропогенных условий с последующим выделением зон повышенного геоэкологического риска, уровней загрязнения водоема, доли и степени антропогенного воздействия и т.д.;
- проведена комплексная оценка антропогенного воздействия с использованием интегральных показателей и индексов для характеристики экологического состояния водных объектов, системы оценки риска антропогенного воздействия на пресноводные экосистемы, методических рекомендаций по разработке унифицированных комплексных программ обследования водосборных территорий, водопроводных сооружений и качества питьевой воды;
- проведено геоэкологическое зонирование водосборной территории бассейна р. Осетр по уровню загрязнения водоема (доля антропогенного воздействия, степень антропогенной нагрузки);
- создан геоэкологический паспорт водосборного бассейна р. Осетр для проведения геоэкологической оценки антропогенного воздействия на водосборную территорию на основе результатов скрининга и GIS-технологий.

Объекты и методы исследования

Для исследований за изучаемый участок принята территория водосборного бассейна р. Осетр в пределах Московской области от н/п Серебряные пруды до н/п Акатьево, за скрининговый участок - средний и нижний участок р. Осетр от н/п Зарайск до устьевой зоны/области реки (района впадения в р. Ока – н/п Акатьево) (рис.1).

На основе методов расчета комплексных показателей (ИЗВ, УКИЗВ), анализа экологического риска антропогенного воздействия и оценки антропогенной нагрузки на речные экосистемы, с учетом их региональных особенностей, балльно-рейтинговой оценки и критериев оценки экологического риска антропогенного воздействия на речные экосистемы разработана оригинальная методика скрининга водосборной территории бассейна р. Осетр в условиях чувствительности к антропогенному воздействию [Арманд, 1975].

Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории бассейна р. Осетр проведена с выделением зон повышенного геоэкологического риска, уровней загрязнения водоема, доли и степени антропогенного воздействия для целей устойчивого развития региона (табл. 1).

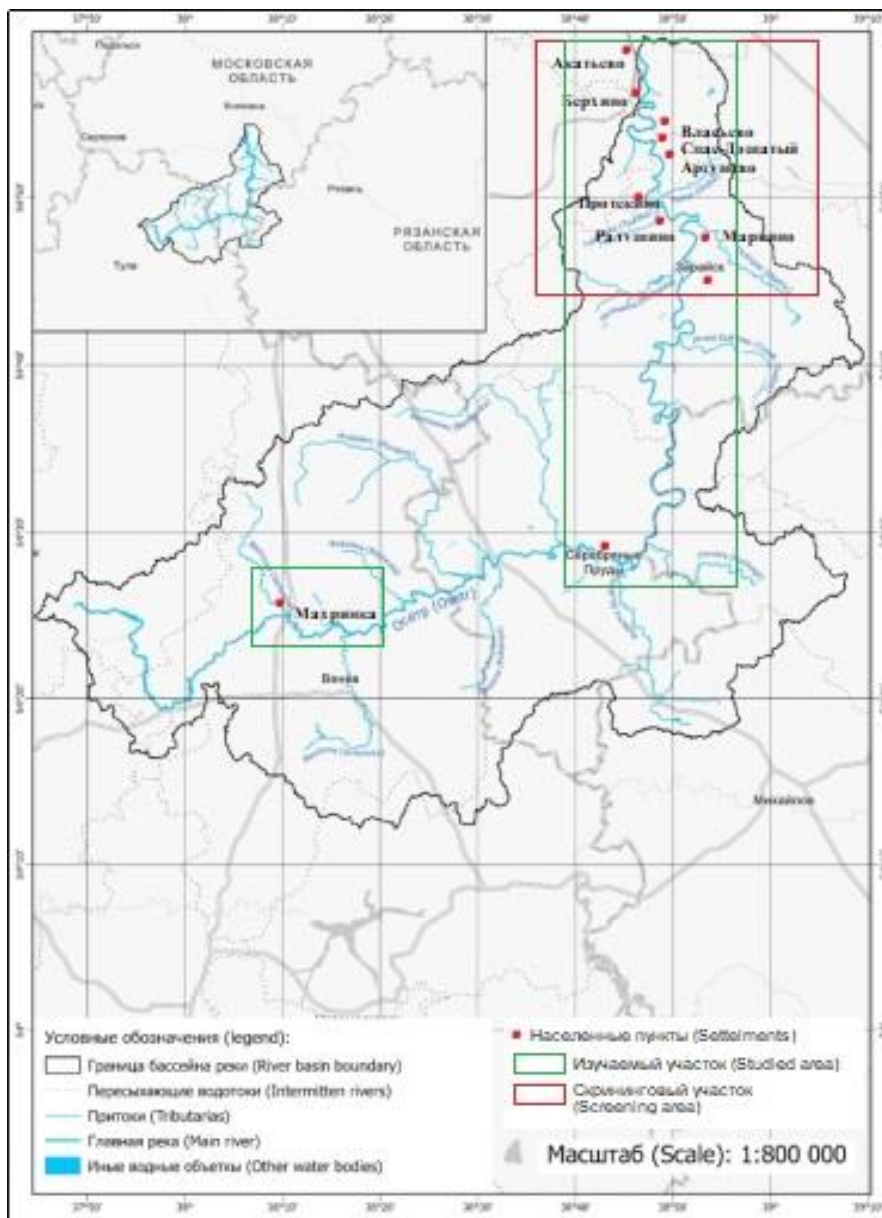


Рис. 1. Картограмма расположения скринингового участка бассейна р. Осетр
Fig.1. Map chart of the location of the inspection zone in the Osetr river basin

Для оценки водохозяйственной ситуации на исследуемой территории за период 2020–2021 гг. были проанализированы суточные и характерные расходы воды по гп. № 75394 в нп. Маркино; проведен анализ многолетнего и сезонного изменения характеристик водного режима р. Осетр; выполнен расчет основных гидрологических характеристик стока, средней многолетней величины (нормы) годового стока при наличии данных наблюдений за период 1956–2016 гг.; выполнено прогнозирование расходов воды в р. Осетр с обеспеченностью 1, 10, 25 % (при отсутствии данных гидрометрических наблюдений) методом наибольшего правдоподобия и методом моментов [СП 33-101-2003; Озерова, Куклина, 2019; Озерова и др., 2021].

За 2020–2021 гг. на скрининговом и фоновом участках отобрано и проанализировано 85 составных (сливных) проб поверхностных и 20 проб подземных вод, обследовано 18 источников выходов подземных вод, выполнен лабораторный анализ по 17 основным компонентам с использованием надлежащих методик, стандартов, нормативных докумен-

тов и специализированных приборов. Исследования по оценке качества водных ресурсов бассейна р. Осетр проводились ежеквартально, в основные фазы гидрологического режима в период с 2020–2021 гг. на скрининговом участке нп. Зарайск – нп. Акатьево. Для оценки качества воды и учета фактов загрязнения водного объекта другими водопользователями в сентябре 2020 г. отобрана фоновая проба выше по течению на территории Тульской области в нп. Махринка (Веневский район, трасса М4 – Дон) и 6 проб на скрининговом участке.

Таблица 1
Table 1

Методика скрининга водосборной территории бассейна р. Осетр
Methodology for screening the catchment area of the Osetr river basin

Метод	Критерий	Шкала оценки				
		Допустимое	Умеренное		Опасное	
Метод расчета комплексных показателей (РД 52.24.643-2002)	ИЗВ	0,2–1,0	1,0–4,0		4,0–10,0	
	УКИЗВ	<1–2	2–4		4–11>	
		Естественное	Равновесное	Кризисное	Критическое	Катастрофическое
Метод проведения анализа экологического риска антропогенного воздействия (РД 52.24.661-2004)	O ₂ , г/л	>6,0	4,0–6,0	2,0–3,9	1,0–1,9	<1
	ЛООВ по БПК, мг/л O ₂	0,1–1,0	0,5–2,0	2,1–4,0	4,1–7,0	>7,0
	Аз аммонийный, мг/л	0–0,1	0–0,5	0,5–1,0	1,0–3,0	>3,0
	Доля антропогенного воздействия, %	10–30	30–50	40–60	50–80	80
	Степень антропогенного воздействия, %	0	0–10	10–20	30–50	50
		Малая	Умеренная	Критическая	Высокая	Очень высокая
Метод проведения оценки антропогенной нагрузки на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей (Р 52.24.819-2014)	Нефтепродукты, мг/л	<0,05	0,05–0,1	0,1–0,3	0,3–0,5	>0,5
	ЛООВ по БПК, мг/л O ₂	<0,5	0,5–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	>2,0
	Азот аммонийный, мг/л	<0,05	0,05–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	>0,3
	Доля антропогенного воздействия, %	<30	30–45	45–55	55–70	>70
		Малая	Средняя	Умеренная	Высокая	Критическая
Балльно-рейтинговый метод	Результаты гидрохимического и гидробиологического мониторинга поверхностных и подземных вод	<20	20–40	40–60	60–80	80–100



Для оценки уровня загрязнения снежного покрова и дальнейшего поступления загрязняющих веществ в р. Осетр с водосборной территории в период максимального снегонакопления в феврале 2021 г. отобрано 5 проб снежного покрова на разных участках Зарайского и Луховицкого районов от нп. Зарайск до нп. Берхино. В период весеннего половодья в апреле 2021 г. отбор проб поверхностных и подземных вод проводился на участке нп. Аргуново – нп. Власьево. Комплексные полевые мониторинговые исследования по геоэкологической оценке качества водных объектов бассейна р. Осетр проведены в июне 2021 г. в период летней межени на участке нп. Зарайск до впадения в р. Ока – нп. Акатьево.

За период 2019–2021 гг., в рамках геоэкологического мониторинга, проведены маршрутные (рекогносцировочные) геоэкологические обследования территории нп. Спас-Дошатов, а также отдельных территорий скринингового участка водосборного бассейна р. Осетр от нп. – Аргуново до нп. Власьево в Зарайском и, частично, Луховицком районах. Для установления особенностей распределения тяжелых элементов и органических загрязнителей в исследуемых ландшафтах скринингового участка, в июне с 2019–2021 гг., от нп. Аргуново до нп. Власьево с учетом особенностей рельефа, хозяйственного использования, характера источника загрязнения отобрано 110 образцов и проведено литогеохимическое изучение почв по профилю из почвенных горизонтов.

Оценка газогеохимического состояния и экологических функций почв 2021 г., а именно – измерения суммарной концентрации почвенного газа и проведение отдельных измерений концентрации метана и углекислого газа, проводилась на всех исследуемых участках в бассейне р. Осетр: в 7 точках в поверхностном горизонте А (0–30 см), АВ (30–68 см) и горизонте ВС (68–113 см).

Для оценки геоэкологической обстановки на скрининговом участке за 2019–2021 гг. проведена инвентаризация антропогенных источников загрязнения и определены основные пути поступления загрязняющих веществ в водный объект.

На основании данных 2015–2021 гг.:

- проведены исследования по изучению и оценке туристско-рекреационного потенциала (ТРП) рекреационных зон бассейна р. Осетр;
- рассмотрены важнейшие геоэкологические подходы к изучению ТРП территории на примере бассейна р. Осетр с учетом рекреационной нагрузки и емкости ПТК;
- создана интерактивная картосхема ТРП бассейна р. Осетр;
- разработана оригинальная методика скрининга водосборной территории бассейна р. Осетр в условиях чувствительности к антропогенному воздействию на основе методов расчета комплексных показателей (ИЗВ, УКИЗВ), проведения анализа экологического риска антропогенного воздействия и оценки антропогенной нагрузки на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей, балльно-рейтинговой оценки и критериев оценки экологического риска антропогенного воздействия на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей.

Отмечено, что повышенной чувствительностью отличаются участки в нп. Радушино и нп. Власьево.

На основании материалов научно-информационной геоэкологической базы данных, включающей результаты скрининга и GIS-технологий, для проведения геоэкологической оценки антропогенного воздействия на водосборную территорию бассейна р. Осетр создан геоэкологический портал «Геоэкологический паспорт бассейна р. Осетр» (табл. 2).

- В геоэкологический паспорт бассейна р. Осетр включены результаты оценки:
- 1) водохозяйственной ситуации на исследуемой территории за период 2020–2021 гг.;
 - 2) качества водных ресурсов;
 - 3) газогеохимического состояния и экологических функций почв;
 - 4) туристско-рекреационного потенциала бассейна р. Осетр.

Таблица 2
Table 2

Научно-информационная геоэкологическая база данных бассейна р. Осетр
Scientific and information geoecological database of the Osetr river basin

№	Компонент геосистемы	Период наблюдений	Критерии / показатели	Источники / Нормативно-правовая документация	Цель
1	2	3	4	5	6
1	Поверхностные и подземные воды	2013–2015 2015–2021	Прозрачность рН Кислород, мг/л БПК5, мгО ₂ /л ХПК, мгО ₂ /л Взвешенные вещества, мг/л Хлорид-ион, мг/л Сульфат-ион, мг/л Ион аммония, мг/л Нитрит-ион, мг/л Нитрат-ион, мг/л Железо, мг/л Марганец, мг/л Медь, мг/л Цинк, мг/л Фосфат-ион, мг/л Нефтепродукты, мг/л Температура воды, °С Жесткость	– Оригинальные данные, полученные в период научных экспедиционных исследований с 2015 по 2021 гг.: на скрининговом участке от нп. Зарайск – до нп. Акатьево; фоновая – нп. Махринка – Опубликованные научные работы / концепции по теме исследования – Отчеты НИР за 2019–2021 гг. (ФГБОУ ВО ГУЗ) – Фондовые материалы и научные отчеты Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и др.* – Сайт экологической паспортизации Московской области	Оценка качества воды рыбохозяйственного и культурно-бытового значения. Оценка уровня загрязнения снежного покрова и дальнейшего поступления загрязняющих веществ в р. Осетр
2			ИЗВ УКИЗВ Коэффициент самоочищения	– Законодательные акты и нормативные документы**	
3	Поверхностные и подземные воды	1956–2016 2011–2021	Расход воды, м ³ /с Средний многолетний сток, м ³ /с Средний многолетний модуль стока, л/с км ² Средний многолетний объем стока за год, м ³ /с Коэффициент стока Средний многолетний коэффициент стока, мм/с	– ГОСТ 17.1.1.02-77 – Оригинальные данные, полученные в период научных экспедиционных исследований с 2015 по 2021 гг. на скрининговом участке от нп. Зарайск – до нп. Акатьево – Опубликованные научные работы / концепции по теме исследования – Фондовые материалы и научные отчеты Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федерального агентства водных ресурсов, ГУ МЧС Подмосковья – Геоэкопортал «Комплексное исследование и картографирование современного водного режима рек европейской территории России и его опасных проявлений (МГУ)»	Оценка влияния климатических факторов на изменение стока воды в водном объекте



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
4	Ландшафты. Почвенный покров	2009–2010 2019–2021	pH Медь, мг/дм ³ Кобальт, мг/дм ³ Бор, мг/дм ³ Марганец, мг/дм ³ Алюминий, мг/дм ³	– Оригинальные данные, полученные в период научных экспедиционных исследований с 2015 по 2021 гг. на скрининговом участке от нп. Зарайск до нп. Акатьево – Опубликованные научные работы / концепции по теме исследования	Эколого-геохимическая оценка влияния ландшафтов водосборной территории на водную экосистему

* Приказ Минсельхоза от 13.12.2016 №552, СанПиН 2.1.5.980-00, ГН 2.1.5.1315-03, ГОСТ 17.1.3.07-82, ГОСТ 17.13.13-86, СанПиН 2.6.12523-09, МР 1-19/52-17, РД 5224.309-2016, Р 52.24.867-2017, СанПиН 1.2.3685-21, ГОСТ 17.1.1.02-77.

** Приказ Минсельхоза от 13.12.2016 №552, СанПиН 1.2.3685-21, Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод. Р 52.24.819-2014, РД 52.24.643-2002, Р 52.24.776-2012, Р 52.24.661-2004, РД 52.24.620-2000

Результаты и их обсуждение

По данным подведомственных Росводресурсам организаций, Росгидромета и МЧС России за период с 15.09.2020 по 22.07.2021 отмечено, что водохозяйственная обстановка на скрининговом участке от нп. Зарайск до нп. Акатьево оценивается как «удовлетворительная» – на территории наблюдается средняя водность ($P = 50\%$), водохранилища работают в соответствии с установленными режимами. Согласно оперативной информации о водохозяйственной обстановке Росводресурсов, с 01.04.2020 по 27.04.2021, во время весеннего половодья, отмечено подтопление автомобильного моста через р. Осетр у нп. Берхино Луховицкого района, а также низководного моста в Серебрянопрудском районе, что сказывается на качественном составе воды в реке. Подтопление наблюдается ежегодно [Гудковских, 2017; Головатюк, Широкова, 2019; Рожков, 2021].

По данным ГУ МЧС Подмосковья, по состоянию на 07.04.2021 на реках и притоках Московской области наблюдались «разнонаправленные» изменения уровня воды, связанные как с приближением к первому пику половодья, так и продолжающимся спадом половодья на большинстве притоков бассейна р. Ока, а также локальными повышениями уровня воды на малых реках вследствие таяния снега на лесных участках водосборов. Отмечено, что на р. Осетр снижение уровня воды составило 1–12 см за сутки.

По результатам анализа многолетних данных гидрологических наблюдений и расчета обеспеченности за период 1956–1985 и 1992–2016 гг., на рассматриваемом гп. № 75394 в нп. Маркино отмечено, что водохозяйственная обстановка на крининговом участке от нп. Зарайск до нп. Акатьево оценивается как «удовлетворительная» – на территории наблюдается средняя водность ($P = 50\%$) (рис. 2).

На основании данных об обеспеченности и выделении групп водности произведен расчет максимального расхода воды весеннего половодья (апрель) в р. Осетр расчетной вероятностью превышения 1, 10, 25 %.

На основании материалов «Научно-прикладного справочника» [2015] для соответствующих координат центра площади водосбора (гп. в нп. Маркино) определен нормальный модуль стока Mo (4,17 л/с км²), вычислен среднемноголетний расход воды в реке $Q_{см}$ (12,6 м³/с). В соответствии с основными параметрами стока определены коэффициент вариации Cv (0,28), отношение Cs / Cv (0,39) и вычислен коэффициент асимметрии Cs (0,11).

По таблице «Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля» [Звягинцев, 1978] в соответствии с заданными расчетными вероятностями превышения p (%) и вычисленным коэффициентом асимметрии Cs определена величина отклонения ординат кривой обеспеченности от середины a_p (1 % –

1,27; 10 % – 1,14; 25 % – 1,07) и вычислен модульный коэффициент года для заданных расчетных вероятностей превышения (1 % – 1,36; 10 % – 1,32; 25 % – 1,29).

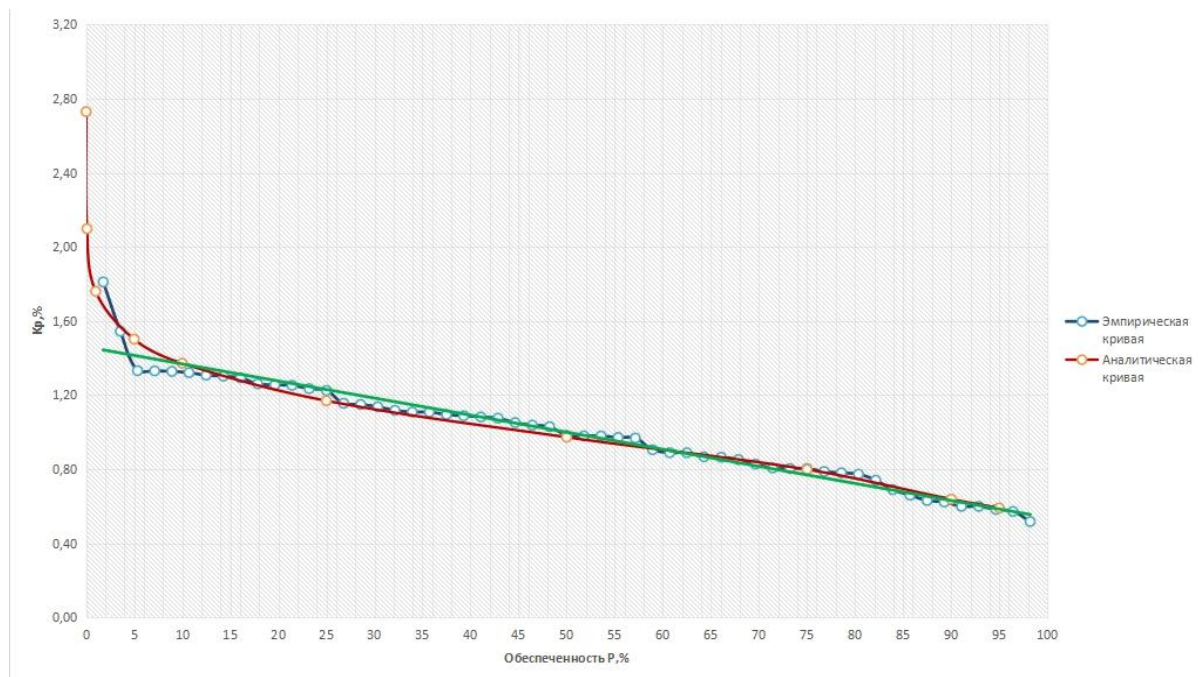


Рис. 2. Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченности P , %, р. Осетр – нп. Маркино
Fig. 2. Empirical and analytical sufficiency curves P , %, r. Osetr – sett. Markino

По результатам расчетов, для заданного месяца года (апрель) определен модульный коэффициент K_m (35,6), вычислены среднегодовой расход воды Q_p (1 % – 12,96 м³/с, 10 % – 16,6 м³/с, 25 % – 16,36 м³/с) и среднемесячный расход (Q_m) воды в реке заданной расчетной вероятностью превышения (461,74 м³/с, 592,8 м³/с, 583,21 м³/с) (рис. 3).

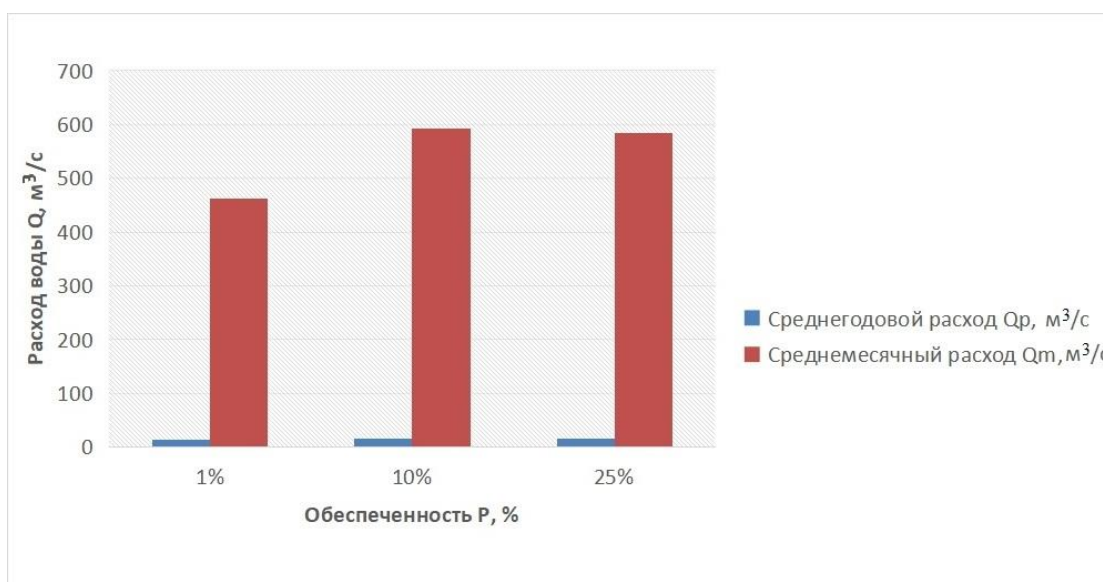


Рис. 3. Кривые среднегодового и среднемесячного расхода воды в р. Осетр заданной расчетной вероятностью
Fig. 3. Curves of average annual and average monthly water consumption in the Osetr river with a given calculated probability

За 2020–2021 гг. проанализированы многолетние данные о гидрохимическом состоянии поверхностных и подземных вод скринингового участка водосборного бассейна



р. Осетр. Исследована динамика пространственно-временного распределения химических компонентов и их соединений. На основании результатов изменений УКИЗВ, КСО, кислорода, нитратов и других химических элементов отмечено, что основным источником при формировании качественного состава вод бассейна в ключевых точках остается антропогенное воздействие. Установлено, что территория скринингового участка (нп. Зарайск – нп. Власьево) характеризуется наибольшим загрязнением по сравнению с другими участками ниже и выше по течению. Выявленное пространственное распределение химических компонентов в р. Осетр связано с особенностями течения и фазами гидрологического режима.

Изучение качества снежного покрова позволило оценить уровень загрязнения атмосферы в течение исследуемого периода (февраль) и техногенную нагрузку на водосборный бассейн р. Осетр в период активного снеготаяния (март–апрель) [Джамалов и др., 2017].

Согласно представленным данным Минэкологии МО на сайте экологической паспортизации Московской области (<http://ecopassmo.mosreg.ru>), исследуемые участки расположены вблизи транспортных магистралей, точка № 1 (нп. Зарайск) расположена вблизи промышленной зоны города, точки № 2 (нп. Протекино), № 3 (нп. Титово), № 4 (нп. Власьево) и № 5 (нп. Берхино) – в жилой зоне. Однако, на исследуемых участках расположены объекты негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) 1-й, 2-й и 3-й категории воздействия: в нп. Зарайск промышленные предприятия 1-й категории с годовым выбросом 0,5–2,0 т/год и 3-й категории с годовыми выбросами от 0,1–2,0 т/год, местами от 2,0–10,0 т/г; нп. Протекино – нп. Титово – сельскохозяйственные предприятия 1-й, 2-й, 3-й категории с годовым объемом выбросов от 0,1 до 2,0 т/год, и свыше 50 т/год; вблизи нп. Берхино – объекты НВОС 3-й категории с годовым объемом выбросов 0,5–2,0 т/год; в нп. Власьево объекты НВОС отсутствуют.

В проведенных ранее исследованиях по комплексному экологическому мониторингу и геоэкологической оценке антропогенного воздействия на бассейн р. Осетр [Дроздов, 1998; Колбовский, 2010; Новых и др., 2012; Yurova, Shirokova, 2021] отмечено, что характер распределения органического загрязнения (по БПК₅), биогенных элементов (нитрит-ион, фосфат-ион), взвешенных веществ и некоторых металлов в природной воде р. Осетр на скрининговом участке позволяет сделать вывод об их антропогенной природе в результате поступления в реку с водосборной территории и имеет максимально высокие концентрации в период летней межени [ГН 2.1.5.1315-03, 2003; Об утверждении нормативов..., 2016]. Превышений анализируемых показателей в талой воде не обнаружено. В связи с этим повышенной техногенной нагрузки на водные объекты бассейна р. Осетр в период снеготаяния не будет оказано.

Территория скринингового участка (нп. Зарайск – нп. Власьево) характеризуется наибольшим загрязнением поверхностных вод по сравнению с другими участками ниже и выше по течению. Выявленное пространственное распределение химических компонентов в р. Осетр связано с особенностями течения и фазами гидрологического режима. Резких изменений в динамике показателей качества речной воды не наблюдается. Выявлена тенденция изменения скринингового параметра нитрат-иона – отмечено увеличение нитратов до 100 мг/л и нарушение кислородного режима водного объекта. Практически на всем протяжении реки отмечена тенденция увеличения нитрат-иона от левого берега к правому и наоборот. Значительные превышения отмечены в створах в нп. Спас-Дощатый и нп. Власьево. В первом случае средняя концентрация нитрат-иона около левого берега составляет 49,74 мг/л; на фарватере – 43,31 мг/л; около правого берега 40,86 мг/л. Во втором: около правого берега 44,61 мг/л; на фарватере – 49,15 мг/л; около левого берега – 86,16 мг/л. Повторный скрининг на исследуемой территории в период летних паводков (с 28 июня 2021 г.) подтвердил тенденцию увеличения нитратов до 100 мг/л и более и сопровождался нарушением кислородного режима водного объекта, т.к. его концентрация коле-

балась от 3 до 6 мг/л. Возможные факторы присутствия и поступления нитрат-ионов в р. Осетр следующие – близкое расположение агроландшафтов, процесс нитрификации вследствие активизации микробиологической активности в почве и сточных водах в межженный период из-за повышенных летних температур. По мере увеличения УКИЗВ фиксируется небольшое снижение качества воды от нп. Махринка до впадения в р. Ока.

Наименее загрязнен скрининговый участок в среднем течении от нп. Зарайск до нп. Спас-Дощатый; наихудшее качество наблюдается в створах на участке от нп. Власьево до нп. Берхино – вода относится к 4 классу разряда «г» – «очень грязная» и УКИЗВ составляет 5,5. Характерными загрязняющими веществами, частота превышения ПДК которых более 50 %, местами 80–100 % случаев на определенных участках, стали органические вещества (по БПК₅), нитрит-ион, нитрат-ион, марганец, медь, аммонийный азот, аммоний-ион.

В связи с тем, что в среднем и нижнем течении р. Осетр протекает по Московской области, где антропогенная нагрузка выше, чем в других областях, это сказывается на геоэкологическом состоянии бассейна в целом. Геологическое строение долины р. Осетр и бассейна реки в целом представлено отложениями известняков и доломитов с прослоями мергеля и глины. Водоносный горизонт бассейна р. Осетр представлен следующими водоносными горизонтами: водоносный Каширский карбонатный комплекс с литологическим составом из известняков, доломитов с прослоями глин, мергелей (С2ks), водоносный Волжско-Альбский терригенный горизонт с переслаиванием песков, глин, алевролитов (J3v-k1a1) и водоупорный Верхнеальбинский (Парамоновский) терригенный горизонт с глинами и глинистыми алевролитами (K1a13). Формирование подземных вод, не соответствующих нормам ПДК [СанПиН 1.2.3685-21], в бассейне р. Осетр определяется изменением гидродинамического режима в районах интенсивного водозабора подземных вод, что влечет за собой увеличение растворения водовмещающих пород и загрязнение пресных подземных и поверхностных вод некондиционными водами природного и антропогенного происхождения [Решетняк и др., 2017; Терлеева, Ушакова, 2018; Фролова и др., 2019]. Установлено, что подземные воды в бассейне р. Осетр не до конца отвечают требованиям, предъявляемым к питьевой воде СанПиН 1.2.3685-21 по следующим показателям: кальций (117 ПДК), магний (34,5 ПДК), железо (3,7–10,9 ПДК), марганец (2–23 ПДК), азот аммонийный (1,09–1,8 ПДК), аммоний-ион (1,45 ПДК), фосфат-ион (2,3 ПДК), нитрит-ион (1,07–1,9 ПДК), медь (1,74 ПДК). Наиболее частые превышения ПДК связаны с компонентами природного происхождения – железом, кремнием, общей и карбонатной жесткостью, а также антропогенного происхождения – нитрит-ион, нитрат-ион и др. Характер воды во всех источниках подземных вод гидрокарбонатно-кальциевый, жесткость воды повышена (13–25 мг-экв/л при норме ПДК 7–10 мг-экв/л).

На основании результатов мониторинга и анализа основных положений метода гигиенической оценки качества почвы населенных мест по сравнению с 2019 г., на изучаемом участке в 2021 г. во всех почвенных образцах зафиксированы превышения по следующим химическим элементам: ФИД, нитрат-ион, фосфат-ион, сульфат-ион, медь. По результатам газогеохимической оценки, на исследуемых участках в 2021 г. сохраняется углекислотная аномалия. По сравнению с результатами исследований 2019 г., в 2021 г. максимальные концентрации CO₂ в поверхностном горизонте А достигли 2000 мг, АВ – 4500 мг, ВС – 8000 мг. В зависимости от местоположения разрезов, типа землепользования и содержания органических веществ в некоторых точках концентрации CO₂ увеличивались по профилю от 600 мг до 2700 мг, местами до 8000 мг. Обратная тенденция, с последующим уменьшением в горизонтах А–АВ от 2000 мг до 1200 мг или колебанием концентрации в АВ–ВС от 1200 мг до 1500 мг, отмечена в двух точках.

Основными источниками загрязнения крупных водотоков региона остаются недостаточно очищенные и неочищенные хозяйственно-бытовые и промышленные сточные

воды населенных пунктов, а также сельскохозяйственные стоки, поступающие непосредственно в р. Осетр через ее притоки. Характерные загрязняющие вещества – соединения азота и фосфора, органические вещества и тяжелые металлы. Основными источниками нефтепродуктов в р. Осетр в исследуемом районе являются ливневые, сточные и талые воды с автомагистралей.

В бассейне р. Осетр на изучаемом участке, согласно представленным данным Минэкологии МО на сайте экологической паспортизации Московской области (<http://ecorassmo.mosreg.ru>), насчитывается 48 предприятий, негативно воздействующих на окружающую среду. Несмотря на это, р. Осетр продолжает оставаться рекой, подверженной среднему антропогенному воздействию. На скрининговом участке выделено: 6 предприятий 1-й категории НВОС с годовым выбросом в атмосферу, 19 предприятий 2-й категории НВОС с годовым выбросом в атмосферу, 23 предприятия 3 категории НВОС с годовым выбросом в атмосферу. Объекты НВОС, осуществляющие сброс загрязняющих веществ в водные объекты бассейна р. Осетр, на исследуемой территории отсутствуют.

Одним из источников негативного воздействия на геоэкологическое состояние аквальных и территориальных комплексов исследуемого участка выступает рекреационное водопользование на территории бассейна р. Осетр. Туристско-рекреационный потенциал бассейна р. Осетр оценивается как «средний» и составляет 1617 баллов. По результатам оценки создана интерактивная картосхема рекреационного потенциала бассейна р. Осетр, которая будет дополнена и войдет в его геоэкологический портал (рис. 4).

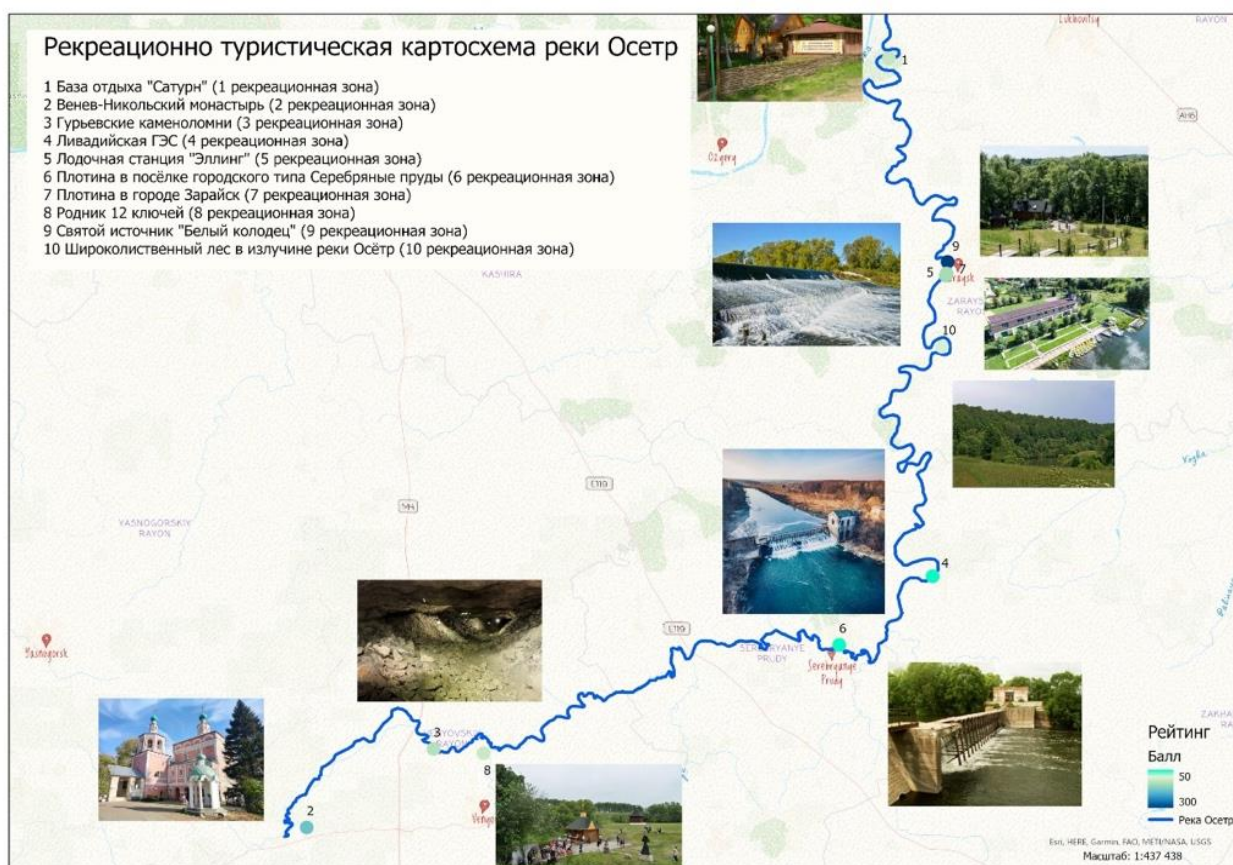


Рис. 4. Картосхема распределения туристско-рекреационного потенциала в бассейне р. Осетр
Fig. 4. Map of the distribution of tourist and recreational potential of the Osetr river basin

Выводы

В процессе исследования проведен геоэкологический скрининг в Веневском, Зарайском, Луховицком районах на исследуемом участке от нп. Махринка до нп. Акатьево за 2020–2021 гг. Была разработана и апробирована оригинальная методика скрининга водосборной территории бассейна р. Осетр в условиях чувствительности к антропогенному воздействию на основе предлагаемых автором установленных методов и критериев оценки экологического риска антропогенного воздействия на речные экосистемы с учетом их региональных особенностей. Отмечено, что повышенной чувствительностью отличаются участки в нп. Радушино и нп. Власьево.

На основании результатов оценки водохозяйственной ситуации на исследуемой территории за период 2020–2021 гг., качества водных ресурсов, газогеохимического состояния и экологических функций почв, туристско-рекреационного потенциала бассейна р. Осетр выполнена комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории бассейна р. Осетр:

1) проведена инвентаризация возможных источников природного и антропогенного химического и бактериологического загрязнений поверхностных и подземных вод в районах населенных пунктов и промышленных центров, расположенных на территории водосборного бассейна р. Осетр на скрининговом участке;

2) выявлено влияние геоэкологических особенностей водосборного бассейна р. Осетр в пределах Московской области на изменение качества водных объектов;

3) проанализированы суточные и характерные расходы воды, проведен анализ многолетнего и сезонного изменения характеристик водного режима р. Осетр, выполнен расчет основных гидрологических характеристик стока, средней многолетней величины (нормы) годового стока при наличии данных наблюдений за период 1956–2016 гг.;

4) выполнено прогнозирование расходов воды в р. Осетр с обеспеченностью 1, 10, 25 % (при отсутствии данных гидрометрических наблюдений) методом наибольшего правдоподобия и методом моментов;

5) исследованы основные закономерности пространственно-временной изменчивости концентраций главных ионов, биогенных элементов, органических веществ в воде речной системы р. Осетр;

6) оценено качество поверхностных и подземных вод р. Осетр и ее притоков по химическим (интегральным) показателям и рассчитан коэффициент самоочищения; оценено качество почв на наличие тяжелых металлов и органических загрязнителей;

7) определена токсигенная нагрузка на почву по профилю почвенных горизонтов;

8) дана предварительная геоэкологическая оценка территории водосборного бассейна р. Осетр с выделением зон по степени благоприятности геоэкологических условий и уровню антропогенного воздействия;

9) разработан геоэкологический паспорт водосборного бассейна р. Осетр на основе результатов комплексного геоэкологического скрининга территории с применением GIS-технологий.

Создан геоэкологический портал «Геоэкологический паспорт водосборного бассейна р. Осетр», основанный на результатах комплексного геоэкологического скрининга территории с применением GIS-технологий.

Список источников

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. 2003. М., Минздрав России, 152 с.
2. Колбовский Е.Ю. 2010. Экологический туризм и экология туризма. М, Издательский центр «Академия», 253 с.



3. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги. 2015. Ливны, Издатель Мухаметов Г.В., 467 с. Электронный ресурс. URL: http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/n_volga_0.pdf.
4. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. 2021. М., 469 с.
5. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. 2003. М., Госстрой России, ФГУП ЦПП, 73 с.
6. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. 2016. М., Минсельхоз России, 152 с.

Список литературы

1. Арманд Д.Л. 1975. Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические методы. М, Мысль, 287 с.
2. Головатюк С.А., Широкова В.А. 2019. Экологическая оценка пригодности реки Осётр для рекреации. *Natural resource management, GIS & Remote Sensing*, 1 (2): 1–8. DOI:10.22121/ngis.2019.202274.1015.
3. Гудковских М.В. 2017. Методика комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала. *Географический вестник*, 1 (40): 102–116. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-102-116.
4. Джамалов Р.Г., Мягкова К.Г., Никаноров А.М., Решетняк О.С., Сафронова Т.И., Трофимчук М.М. 2017. Гидрохимический сток рек бассейна Оки. Вода и экология: проблемы и решения, 4 (72): 26–39. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.26-39.
5. Дроздов А.В. 1998. Экологический туризм в России: состояние, общие и нормативные проблемы, некоторые перспективы. В кн.: Туризм и охрана окружающей среды в русской Арктике. Сборник докладов международного семинара, 6–8 ноября 1998, Архангельск: 17–21.
6. Звягинцев Д.Г. 1978. Изучение биологической активности почв и шкал для оценки некоторых ее показателей. *Почвоведение*, 6: 48–54.
7. Карпенко Н.П. 2018. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков. *Природообустройство*, 2: 15–22. DOI: 10.26897/1997-6011/2018-2-15-22.
8. Новых Л.Л., Юдина Ю.В., Орехова Г.А. 2012. Влияние положения родников в ландшафтах на содержание нитратов в их водах. *Научные ведомости Белгородского научного университета. Серия Естественные науки*, 3 (122): 242–250.
9. Озерова Н.А., Куклина А.Г. 2019. Естественно-исторический мониторинг памятника природы «Залесенный овраг у д. Власьево» (Московская область, городской округ Луховицы). В кн.: Геология, геоэкология, эволюционная география. Под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. СПб, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена: 262–266.
10. Озерова Н.А., Куклина А.Г., Гуров А.Ф. 2021. Региональная флористическая трансформация на севере городского округа Зарайск Московской области в связи с антропогенным воздействием. *Социально-экологические технологии*, 11 (1): 9–31. DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-1-9-31.
11. Решетняк О.С., Никаноров А.М., Трофимчук М.М., Гришанова Ю.С. 2017. Оценка гидроэкологического риска в бассейне реки Ока. Вода и экология: проблемы и решения, 3 (71): 159-171. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.159-171.
12. Рожков И.В. 2021. Оценка рекреационного потенциала бассейна р. Осётр. М, ГУЗ, 70 с.
13. Терлеева О.В., Ушакова И.Г. 2018. Качество подземных вод в северных районах Омской области. *Вестник Омского Государственного Аграрного Университета*, 2 (30): 131–136.
14. Фролова Н.Л., Киреева Н.Л., Самсонов Т.Е., Энтин А.Л., Григорьев В.Ю., Сазонов А.А., Повалишников Е.С., Семин В.Н. 2019. Комплексное исследование и картографирование современного водного режима рек европейской территории России. В кн.: Научные проблемы оздоровления Российских рек и пути их решения. Всероссийская научная конференция с международным участием, 08–14 сентября 2019, Нижний Новгород, Студия Ф1: 21–26.

15. Yurova Y.D., Shirokova V.A. 2021. Geoecological screening of the state of small and medium-sized river basins to assess the impact of measures for the operation of hydraulic structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1103: 012031. DOI: 10.1088/1757-899x/1103/1/012031.

Reference

1. Armand D.L. 1975. Nauka o landshafte. Osnovy teorii i logiko-matematicheskie metody [Landscape Science. Fundamentals of theory and logical-mathematical methods]. Moscow, Publ. Mysl, 287 p.
2. Golovatyuk S.A., Shirokova V.A. 2019. Ekologicheskaya otsenka prigodnosti reki Osetr dlya rekreatsii [Environmental assessment of the suitability of the Sturgeon river for recreation]. Natural resource management, GIS & Remote Sensing, 1(2): 1–8. DOI:10.22121/ngis.2019.202274.1015.
3. Gudkovskikh M.V. 2017. Methodology for Comprehensive Assessment of Tourism Potential. Geographical bulletin, 1 (40): 102–116 (in Russian). DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-102-116.
4. Dzhamaalov R.G., Myagkova K.G., Nikanorov A.M., Reshetnyak O.S., Safronova T.I, Trofimchuk M.M. 2017. Hydrochemical Runoff of the Oka Basin's Rivers. Water and Ecology, 4 (72): 26–39 (in Russian). DOI: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.26-39.
5. Drozdov A.V. 1998. Ekologicheskii turizm v Rossii: sostoyanie, obshchie i normativnye problemy, nekotorye perspektivy [Ecological tourism in Russia: state, general and regulatory problems, some prospects]. In: Turizm i okhrana okruzhayushchey sredy v russkoy Arktike [Tourism and environmental protection in the Russian Arctic]. Collection of reports of the international seminar, 6–8 November 1998, Arkhangelsk: 17–21.
6. Zvyagintsev D.G. 1978. Izuchenie biologicheskoy aktivnosti pochv i shkal dlya otsenki nekotorykh ee pokazateley [Study of the biological activity of soils and scales for assessing some of its indicators]. Pochvovedenie, 6: 48–54.
7. Karpenko N.P. 2018. Assessment of the Geoecological Situation of River Basins Based on Attribute Indices and Generalized Geoecological Risks. Prirodoobustrojstvo, 2: 15–22 (in Russian). DOI: 10.26897/1997-6011/2018-2-15-22.
8. Novykh L.L., Yudina Yu.V., Orekhova G.A. 2012. The Impact of the Locations of the Springs on the Landscapes on the Content of Nitrates in Their Waters. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 3 (122): 242–250 (in Russian).
9. Ozerova N.A., Kuklina A.G. 2019. Natural and Historical Monitoring of the Nature Monument "Forested Ravine Near Vlasyevo Village" (Moscow Region, Lkhovitsy Urban District). In: Geologiya, geoekologiya, evolyutsionnaya [Geology, geoecology, evolutionary geography]. Ed. by E.M. Nesterova, V.A. Snappily. St. Petersburg, Publ. Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen: 262–266.
10. Ozerova N.A., Kuklina A.G., Gurov A.F. 2021. Regional Floristic Transformation Due to Anthropogenic Influence. Socialno-ecologicheskiiye Technologii, 11 (1): 9–31 (in Russian). DOI: 10.31862/2500-2961-2021-11-1-9-31.
11. Rozhkov I.V. 2021. Otsenka rekreatsionnogo potentsiala basseyna r. Osetr [Assessment of the recreational potential of the river basin Sturgeon]. Moscow, Publ. GUZ, 70 p.
12. Terleeva O.V., Ushakova I.G. 2018. Underground Water Quality in the North Areas of the Omsk Region. Bulletin of Omsk State Agricultural University, 2 (30): 131–136 (in Russian).
13. Frolova N.L., Kireeva N.L., Samsonov T.E., Entin A.L., Grigoriev V.Yu., Sazonov A.A., Povalishnikova E.S., Semin V.N. 2019. Kompleksnoe issledovanie i kartografirovaniye sovremennogo vodnogo rezhima rek evropeyskoy territorii Rossii [Comprehensive study and mapping of the modern water regime of the rivers of the European territory of Russia]. In: Nauchnyye problemy ozdorovleniya Rossiyskikh rek i puti ikh resheniya [Scientific Problems of Rehabilitation of Russian Rivers and Ways to Solve Them]. All-Russian scientific conference with international participation, 08–14 September 2019, Nizhny Novgorod, Publ. Studio F1: 21–26.
14. Reshetnyak O.S., Nikanorov A.M., Trofimchuk M.M., Grishanova Y.S. 2017. Estimation of Hydroecological Risk in the Oka River Basin. Water and Ecology, 3 (71): 159–171 (in Russian). DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.159-171.



15. Yurova Y.D., Shirokova V.A. 2021. Geoecological screening of the state of small and medium-sized river basins to assess the impact of measures for the operation of hydraulic structures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1103: 012031. DOI: 10.1088/1757-899x/1103/1/012031.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Широкова Вера Александровна, профессор, доктор географических наук, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству, г. Москва, Россия;

заведующая Отделом истории наук о Земле Института истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН, г. Москва, Россия

Юрова Юлия Дмитриевна, аспирант кафедры почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vera A. Shirokova, Professor, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Soil Science, Ecology and Nature Management of the State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

Head of the Department of History of Earth Sciences of the Institute of the S.I. Vavilov History of Natural Science and Technology Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Yuliya D. Yurova, Post-graduate student of the Department of Soil Science, Ecology and Nature Management of the State University of Land Use Planning, Moscow, Russia