

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНО- ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Научная статья

УДК 631.95:628.31

Экодиагностика природно-технической системы бассейна малой реки Подпольная

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Наталья Николаевна Красовская²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Аннотация. Цель: проведение экодиагностики природно-технической системы бассейна малой реки Подпольная, находящейся в зоне влияния агроландшафта, коллекторно-дренажной сети, сельских населенных пунктов. **Материалы и методы.** Использовали комплексную методику Б. И. Кочурова, Н. П. Карпенко, усовершенствованный метод Т. В. Иванковой. Бассейн реки Подпольная поделили на пять участков, характеризующихся одинаковой степенью освоенности ландшафта. В пределах площади водосбора бассейна реки природоохранные и неиспользуемые земли отсутствуют. **Результаты.** На протяжении всего бассейна реки коэффициент естественной защищенности (K_{ez}) не превышает 50 %, что указывает на высокий уровень антропогенной нагрузки на водный объект. K_{ez} имеет наименьшее значение на третьем участке (0,23 или 23 %), что связано с совокупным воздействием выпуска коллекторно-дренажных вод в водный объект, поверхностного стока с солончаковых почв, неканализованного населенного пункта. Первый участок, представленный пахотными богарными землями и пастбищами, характеризуется удовлетворительной экологической ситуацией, значение показателя базового атрибута равно 15, что соответствует пренебрежимому экологическому риску. Второй, четвертый и пятый участки бассейна характеризуются значениями этого показателя 26–28, что соответствует допустимому экологическому риску, конфликтной экологической ситуации. Третий участок характеризуется напряженной экологической ситуацией, обусловленной прежде всего сбросом загрязненных коллекторно-дренажных вод, расположением солончаков на водосборе участка реки, а также влиянием неканализованного населенного пункта. Данный участок характеризуется предельно допустимым экологическим риском, снижения которого можно достичь проведением мероприятий инженерно-экологической защиты. **Вывод.** Проведенные оценки, анализ степени антропогенной нагрузки на природно-техническую систему бассейна малой реки Подпольная показали, что река может быть охарактеризована как водосбор преимущественно с конфликтной экологической ситуацией, а ее участок – место выпуска коллекторно-дренажных вод – как напряженный, требующий принятия управленческих природоохранных мер.

Ключевые слова: экодиагностика, малые реки, инженерно-экологическая защита, коллекторно-дренажные воды, антропогенная нагрузка, атрибутивные показатели

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения» (г. Новочеркасск, 11 октября 2024 г.).

Для цитирования: Дрововозова Т. И., Красовская Н. Н. Экодиагностика природно-технической системы бассейна малой реки Подпольная // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 94, № 3. С. 90–104.

MODERN PROBLEMS OF THE RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT COMPLEX AND WAYS TO SOLUTION THEM

Original article

Ecological diagnostics of the natural-technical system of the small Podpol'naya River basin

Tatyana I. Drovovozova¹, Natalia N. Krasovskaya²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Abstract. Purpose: to conduct ecodiagnosics of the natural-technical system of the small Podpol'naya River basin, located in the zone of agro-landscape, collector-drainage network and rural settlements influence. **Materials and methods.** The integrated methodology of B. I. Kochurov, N. P. Karpenko, and the improved method of T. V. Ivankova were used. The Podpol'naya River basin was divided into 5 sections characterized by the same degree of landscape development. Within the catchment area of the river basin, there are no nature conservation or unused lands. **Results.** Throughout the river basin, the natural protection coefficient (K_{ez}) does not exceed 50 %, which indicates a high level of anthropogenic load on the water body. K_{ez} has the lowest value in section 3 (0.23 or 23 %), which is associated with the combined impact of the discharge of collector-drainage water into the water body, surface runoff from saline soils, and an unsewered settlement. The first section, represented by arable dry lands and pastures, is characterized by a satisfactory environmental situation, the value of the basic attribute indicator is 15, which corresponds to a negligible environmental risk. The second, the fourth and the fifth sections of the basin are characterized by the values of this indicator of 26–28, which corresponds to an acceptable environmental risk and a conflict environmental situation. The third section is characterized by a tense environmental situation caused, first of all, by the polluted collector-drainage water discharge, the location of saline soils on the catchment area of the river section, as well as the influence of an unsewered settlement. This section is characterized by the maximum permissible environmental risk, the reduction of which can be achieved by implementing engineering and environmental protection measures. **Conclusion.** The conducted assessments, analysis of the degree of anthropogenic load on the natural-technical system of the small Podpol'naya River basin showed that the river can be characterized as a catchment area with a predominantly conflicting environmental situation, and its section – the place of release of the collector-drainage water, as tense, requiring the adoption of management environmental protection measures.

Keywords: ecodiagnosics, small rivers, engineering and environmental protection, collector and drainage waters, anthropogenic load, attribute indicators

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “Modern Problems of Land Reclamation and Water Industrial Complex and Ways to Solve Them” (Novocherkassk, October 11, 2024).

For citation: Drovovozova T. I., Krasovskaya N. N. Ecological diagnostics of the natural-technical system of the small Podpol'naya River basin. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;94(3):90–104. (In Russ.).

Введение. В настоящее время бассейны рек России испытывают значительную антропогенную нагрузку от деятельности различных отраслей

народного хозяйства. Согласно данным Государственного доклада Минприроды РФ «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году»¹ высокое и экстремально высокое загрязнение поверхностных пресных вод было зафиксировано в 55 субъектах Российской Федерации по 25 загрязняющим веществам и пяти показателям качества воды.

В целом по РФ в 2022 г. было сброшено 11326 млн м³ загрязненных сточных вод (СВ). Доля сброса загрязненных сточных вод от суммарного объема по федеральным округам представлена на рисунке 1.

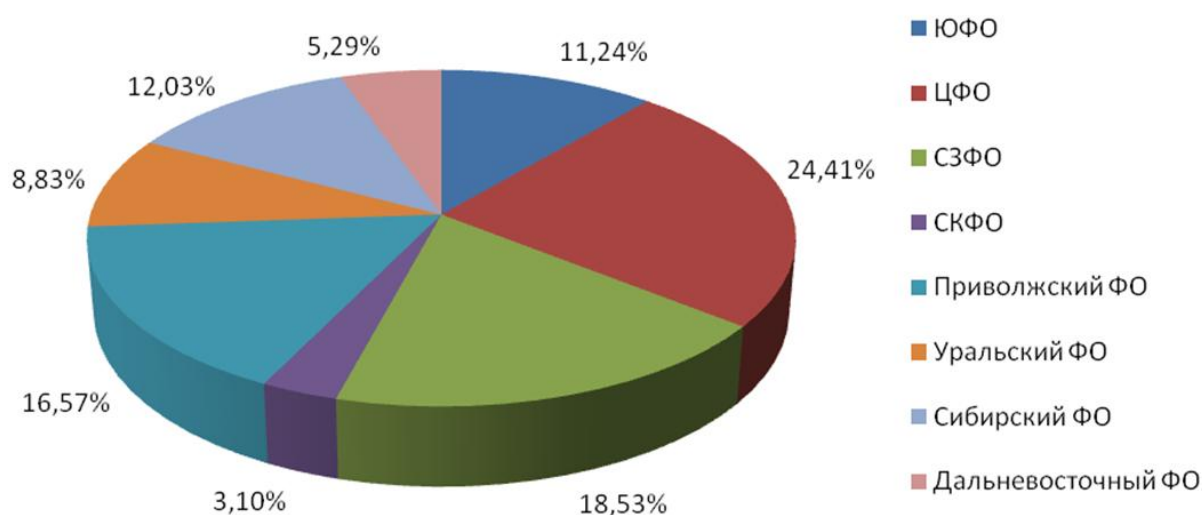


Рисунок 1 – Доля сброса загрязненных сточных вод от суммарного объема сброса сточных вод по федеральным округам

Figure 1 – Share of polluted wastewater discharge from the total volume of the waste water discharge by federal districts

В Южном федеральном округе структура водопользования имела следующий вид: объем водопотребления в различных сферах народного хозяйства составил 6324,67 млн м³, объем водоотведения – 5503,6 млн м³. Структура водопользования в ЮФО в 2022 г. представлена в таблице 1.

¹О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад [Электронный ресурс]. М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2023. 687 с. URL: <https://2022.ecology-gosdoklad.ru/api/media/storage/1c187f33fd3f2c1897747485c174cc9622d425e5.pdf> (дата обращения: 20.08.2024).

Таблица 1 – Структура водопользования в Южном федеральном округе в 2022 г.¹

В млн м³

Table 1 – Water use structure in the Southern Federal District in 2022¹

In million m³

Субъект	Производственные нужды	Сельскохозяйственное водоснабжение	Питьевые и хозяйственно-бытовые нужды	Орошение	Прочие
Республика Адыгея	5,28	0,76	21,05	119,20	1,54
Астраханская область	27,68	0,73	39,51	308,83	71,34
Волгоградская область	103,75	1,79	156,57	196,24	50,48
Республика Калмыкия	1,11	2,77	5,31	113,63	144,58
Краснодарский край	280,07	16,42	320,06	1713,32	230,30
Республика Крым	56,22	0,92	80,75	61,16	75,13
Ростовская область	1093,00	3,87	165,82	788,43	37,27
Севастополь	7,78	0,01	19,86	0,75	11,38
Итого	1574,90	27,27	808,92	3301,56	612,02

Южный федеральный округ является аграрным регионом, на долю которого приходилось 17,2 % объема сельскохозяйственного производства страны (третье место среди федеральных округов Российской Федерации). Сельскохозяйственные угодья занимают около 80 % площади региона. Структура производства сельского хозяйства включает продукцию растениеводства – около 65 % и продукцию животноводства – около 35 %, ЮФО является крупнейшим производителем зерна в стране (30–35 % общероссийских сборов)².

Из данных таблицы 1 видно, что на орошение в ЮФО в 2022 г. использовали 52,2 % от общего объема водопотребления в округе. В Ростовской области (РО) на орошение расходовали 37,75 % от общего объема водопотребления. Объем водоотведения в РО составил 1256 млн м³, из которых на недостаточно очищенные и без очистки приходилось 15,4 % (таблица 2).

²Агропромышленный комплекс России в 2018 году [Электронный ресурс]. М., 2019. 554 с. URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/elektronnye-kopii-izdaniy/normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi-i-dr/send/66-normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi/1389-agropromyshlennyy-kompleks-rossii-v-2018-godu?ysclid=m2mwwushi944703793> (дата обращения: 20.08.2024).

**Таблица 2 – Объемы сброса загрязненных сточных вод по субъектам
Южного федерального округа¹**

В млн м³

**Table 2 – Volumes of polluted wastewater discharge by the Southern
Federal District entities¹**

In million m³

Субъект	Объем водоотведения	Из них сброс недостаточно- очищенных и без очистки
Республика Адыгея	145,6	24,1
Астраханская область	202,9	35,1
Волгоградская область	123,1	85,9
Республика Калмыкия	14,6	11,7
Краснодарский край	3623,3	800,9
Республика Крым	109,1	98,1
Ростовская область	1256,1	193,4
Севастополь	28,9	24,2
Итого	5503,6	1273,3

Следовательно, водные объекты, особенно малые водотоки вследствие незначительных расходов и низкой самоочищающей способности, испытывают негативные изменения антропогенного и техногенного характера.

Для сохранения водных объектов и рационального использования водных ресурсов был принят ряд нормативно-правовых актов: Федеральный закон № 122-ФЗ от 01.05.2022 «О внесении изменений в Водный кодекс Российской Федерации», Постановление Правительства Российской Федерации № 18 от 19.01.2022 «О подготовке и принятии решения о предоставлении водного объекта в пользование», приказ Росводресурсов № 360 от 30.12.2022 «Об утверждении методики расчета показателей государственной программы Российской Федерации «Воспроизводство и использование природных ресурсов», приказ Росводресурсов № 355 от 27.12.2022 «Об утверждении Методических указаний по формированию счета водных ресурсов». Комплекс мер по охране водных объектов включает мониторинговые исследования, экодиагностику водного объекта и территории водосбора, разработку мероприятий инженерной защиты самого водного объекта, территории водосбора, направленные на повышение его защищенности.

В связи с вышеизложенным целью работы являлось проведение экодиагностики природно-технической системы бассейна малой реки Подпольная, находящейся в зоне влияния агроландшафта, коллекторно-дренажной сети, сельских населенных пунктов.

Материалы и методы. Объектом исследования являлась река Подпольная, относящаяся к бассейну Нижнего Дона. Протяженность реки – 63 км. Бассейн реки расположен в Центральном орошаемом районе Ростовской области. Площадь водосбора – 61,26 км², включает шесть сельских населенных пунктов, четыре грунтовых дороги, три пляжа, выпуск коллекторно-дренажного стока, солончаки, пахотные богарные земли, пастбища, многолетние насаждения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Карта реки Подпольная
Figure 2 – Map of the Podpol'naya River

Ширина водоохранной зоны реки – 200 м, ширина прибрежной защитной полосы с уклоном три градуса и более – 50 м.

Для оценки экологического состояния бассейна, а также степени антропогенной нагрузки на природно-техническую систему бассейна малой

реки Подпольная использовали методику Б. И. Кочурова [1–5]. Согласно данной методике рассчитываются: коэффициент естественной защищенности бассейна или его участка, коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности.

Коэффициент естественной защищенности рассчитывается по формуле:

$$K_{ez} = \frac{\sum_{i=1}^6 ANKCC_i \cdot S_i}{S_{общ}}, \quad (1)$$

где $ANKCC_i$ – степень устойчивости ландшафта i -го участка;

S_i – площадь ландшафта определенной категории i -го участка, км^2 ;

$S_{общ}$ – общая площадь i -го участка, км^2 .

Коэффициент абсолютной напряженности показывает отношение площадей, сильно нарушенных в результате хозяйственной деятельности, к площадям, слабо нарушенным или не затронутым антропогенным воздействием, и рассчитывается по формуле [1–4]:

$$K_a = AN_6 / AN_1. \quad (2)$$

Коэффициент относительной напряженности рассчитывается по формуле:

$$K_o = (AN_4 + AN_5 + AN_6) / (AN_1 + AN_2 + AN_3), \quad (3)$$

где AN_{1-6} – степень антропогенной нагрузки в баллах от 1 до 6 [1–5].

В работах Т. В. Иванковой был предложен усовершенствованный метод комплексной оценки экологического состояния бассейна, учитывающий: назначение реки, плотность населения, площадь леса, коэффициент плотности речной сети, характер местности, коэффициент землепользования, степень нарушенности земель, расстояние от источника загрязнения, объем сброса загрязненных вод [7–10].

Комплексная оценка экологической обстановки в бассейне реки основана на системе атрибутивных показателей, позволяющих проводить районирование в пределах водосборного бассейна [1–3, 6, 11]. Критерии

ранжирования атрибутивных показателей по величине суммарного балла параметров оценки (V_i) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Ранжирование атрибутивных показателей в речных бассейнах с учетом обобщенных экологических рисков [1, 2]
Table 3 – Ranking of attribute indicators in river basins taking into account generalized environmental risks [1, 2]

Диапазон значений базового атрибутивного показателя, балл	Статистическая шкала	Величина обобщенного экологического риска	Категория экологического риска
Менее 10	$V_i < 0,30$	Экологический риск отсутствует	Хорошая
10...20	$0,30 \leq V_i \leq 0,49$	Пренебрежимый экологический риск	Удовлетворительная
20...30	$0,50 \leq V_i \leq 0,69$	Приемлемый экологический риск	Конфликтная
30...40	$0,70 \leq V_i \leq 0,90$	Предельно допустимый экологический риск	Напряженная
40...50	$V_i > 0,90$	Неприемлемый экологический риск	Критическая

Бассейн реки Подпольная поделили на пять равных по протяженности участков:

1-й участок – от истока реки до створа 1. Площадь водосбора представлена пахотными богарными землями, пастбищами (см. рисунок 2);

2-й участок на рисунке 2 от створа 1 до створа 2 – площадь водосбора содержит два населенных пункта, богарные земли, солончаки, пляж, река пересекается двумя мостами с дорогой полутвердого покрытия;

3-й участок – площадь водосбора содержит два населенных пункта, два моста, выпуск коллекторно-дренажных вод из коллектора протяженностью 12,5 км, богарные пахотные земли, солончаки (см. рисунок 2). Протяженность коллектора от населенного пункта до его впадения в реку Подпольная 629 м, данный участок представляет собой солончаки;

4-й участок – населенный пункт численностью 3220 человек, два моста, богарные пахотные земли, МТФ (см рисунок 2);

5-й участок – от створа 4 до устья реки, площадь водосбора содержит

два населенных пункта, один мост, два пляжа, богарные пахотные земли, пастбища (см. рисунок 2).

На площади водосбора бассейна реки Подпольная природоохранные и неиспользуемые земли отсутствуют.

Результаты и обсуждение. Составили матрицу атрибутивных параметров оценки экологической ситуации для природно-технической системы бассейна малой реки Подпольная, рассчитали коэффициент естественной защищенности (K_{ez}), коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной напряженности (K_o) [2, 7].

Результаты расчета коэффициента естественной защищенности K_{ez} для исследуемых участков водосбора представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициент естественной защищенности на исследуемых участках бассейна реки (по [2, 3, 7, 8])

Table 4 – Natural protection coefficient in the studied sections of the river basin (according to [2, 3, 7, 8])

Степень антропогенной нагрузки $АН$	Балл	Вид и категория земель	Степень устойчивости ландшафта $АНКСС$	Площадь земель в % на 5 участках				
1	2	3	4	5				
Высшая $АН_6$	6	Земли промышленности, транспорта городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли	–	–	31,82	41,67	16,63	15,27
Очень высокая $АН_5$	5	Орошаемые и осушаемые земли	–	–	–	–	–	–
Высокая $АН_4$	4	Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища, сенокосы, используемые нерационально	0,4	100	68,18	58,33	83,37	84,73
Средняя $АН_3$	3	Многолетние насаждения, рекреационные земли	0,6	–	–	–	–	–
Низкая $АН_2$	2	Сенокосы; леса, используемые ограниченно	0,8	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3	4	5				
Очень низкая $АН_1$	1	Природоохранные и неиспользуемые земли	1	–	–	–	–	–
Коэффициент естественной защищенности K_{ez}				0,4	0,27	0,23	0,33	0,34

Расчеты показали, что коэффициент естественной защищенности имеет наименьшее значение на 3-м участке (0,23 или 23 %), это связано с совокупным антропогенным воздействием выпуска коллекторно-дренажных вод в водный объект, поверхностного стока с солончаковых почв, неканализованного населенного пункта. На протяжении всего бассейна реки K_{ez} не превышает 50 %, что указывает на высокий уровень антропогенной нагрузки на водный объект.

Коэффициент абсолютной напряженности K_a посчитать не представляется возможным, поскольку природоохранные и неиспользуемые земли на водосборе отсутствуют.

Коэффициент относительной напряженности K_o принимаем равным 1 на всех участках, т. е. река испытывает максимальную антропогенную нагрузку.

Далее провели комплексную оценку бассейна реки по совокупности атрибутивных показателей для установления величины экологического риска и категории экологической ситуации (таблица 5).

Оценка экологической ситуации бассейна р. Подпольная показала, что в пределах первого участка, представленного пахотными богарными землями и пастбищами, суммарный балл параметров оценки равен 15, что позволяет охарактеризовать экологическое состояние участка как удовлетворительное, соответствующее пренебрежимому экологическому риску. Второй, четвертый и пятый участки бассейна характеризуются суммарными баллами параметров оценки 26–28, соответствующими допустимому экологическому риску, конфликтной экологической ситуации, которая обусловлена преимущественно влиянием поверхностного стока с сельских населенных пунктов, а также с автодорог.

Таблица 5 – Матрица атрибутивных параметров оценки экологической ситуации в бассейне реки Подпольная (по [2, 7])

Table 5 – Matrix of the attribute parameters for assessing the environmental situation in the Podpol'naya River basin (according to [2, 7])

Атрибутивный показатель	Градация	Балл	Исследуемый участок реки				
			1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
Назначение реки	Комплексное	5					
	Транспортное	4					
	Рекреационное	3	1	1, 3	1	1	1, 3
	Питьевое	2					
	Рыбохозяйственное	1					
Лесистость территории	> 70	5					
	61...70	4					
	51...60	3	1	1	1	1	1
	40...50	2					
	< 40	1					
Характер рельефа	Холмисто-грядовый	5					
	Холмисто-котловинный	4					
	Холмистый	3	1	2	3	2	2
	Слабоволнистый	2					
	Плоский	1					
Средняя плотность населения, чел./км ²	> 20	5					
	16...20	4					
	11...15	3	–	5	5	5	5
	5...10	2					
	> 5	1					
Коэффициент хозяйственного использования земель, %	> 80	5					
	61...80	4					
	41...60	3	5	5	5	5	5
	20...40	2					
	< 20	1					
Назначение земель	Населенные пункты, промышленные территории, транспортная инфраструктура	5	–	5	5	5	5
	Сельскохозяйственное назначение земель (пахотные, мелиорированные земли)	4	4	–	–	–	–
	Сельскохозяйственное назначение (пастбища)	3	–	–	–	–	–
	Природно-рекреационное, охотничье-промысловое	2	–	–	–	–	–
	Природоохранное	1	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 5

Table 5 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
Степень нарушенности земель	Очень сильная	5					
	Сильная	4					
	Средняя	3	2	2	5	2	2
	Слабая	2					
	Условно нарушенная	1					
Расстояние от ис- точника загряз- нения до водного объекта, м	< 100	5					
	100...200	4					
	200...500	3	1	5	5	5	4
	500...1000	2					
	> 1000	1					
Объем сброса загрязненных вод, тыс. м ³ /год	> 20	5					
	15,1...20	4					
	10,1...15	3	–	–	5	–	–
	5,1...10	2					
	< 5	1					
Итого баллов			15	28	35	26	27

Согласно Н. П. Карпенко, под конфликтной ситуацией понимают «незначительные пространственные и временные изменения ландшафтов, приводящие к относительно небольшой перестройке их структуры и восстановлению в результате процессов саморегулирования или простых экологических мер» [11]. Третий участок характеризуется напряженной экологической ситуацией, обусловленной прежде всего сбросом загрязненных коллекторно-дренажных вод, расположением солончаков на водосборе участка реки, а также влиянием населенного пункта и МТФ. Данный участок бассейна характеризуется предельно допустимым экологическим риском, снижения которого можно достичь проведением мероприятий инженерно-экологической защиты участка реки.

Вывод. Проведенные оценки, анализ степени антропогенной нагрузки на ПТС бассейна малой реки Подпольная показали, что река может быть охарактеризована как водосбор преимущественно с конфликтной экологической ситуацией, а ее участок – место выпуска КДВ – как напряженный, требующий принятия управленческих природоохранных мер.

Список источников

1. Карпенко Н. П., Манукьян Д. А., Фуругян М. Г. Количественные методы оценки экологической безопасности природной среды // Проблемы управления безопасностью сложных систем: материалы IX Междунар. конф. М.: Ин-т проблем управления РАН, 2001. С. 312–315.
2. Карпенко Н. П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков // Природообустройство. 2018. № 2. С. 15–22. EDN: XNSHWH.
3. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории: монография. М.: Ин-т географии РАН, 1999. 86 с.
4. Кочуров Б. И. Перспективы формирования инфраструктуры территории на основе новых форм организации ландшафта // География и природные ресурсы. 1997. № 2. С. 126–130.
5. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Инфра-М, 2006. 362 с.
6. Use of structural systems analysis for the integrated water resources management in the Nenetsing River watershed / L. Manzano-Solis, C. Diaz-Delgado, M. Gomez-Albores, C. Mastachi-Loza, D. Soares // Land Use Policy. 2019. Vol. 87. 104029. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104029.
7. Иванкова Т. В. Оценка степени антропогенной нагрузки в бассейне малой реки Альмы // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 12. С. 4–12.
8. Иванкова Т. В. Гидроэкологическая безопасность водопользования в бассейне малой реки Альмы Республики Крым: монография. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019. 64 с.
9. Иванкова Т. В. Социально-экологические аспекты использования водных ресурсов сельскохозяйственных регионов Евразии: монография. М.: Русайнс, 2017. 186 с.
10. Ivankova T. Problem of environmental remediation of the river runoff of basin geosystem of the small river Alma (Republic of Crimea) // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 210. 07007. DOI: 10.1051/e3sconf/202021007007. EDN: CKFOMK.
11. Карпенко Н. П. Геоэкологические риски. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2020. 112 с.

References

1. Karpenko N.P., Manukyan D.A., Furugyan M.G., 2001. *Kolichestvennye metody otsenki ekologicheskoy bezopasnosti prirodnoy sredy* [Quantitative methods for assessing the environmental safety of the environment]. *Problemy upravleniya bezopasnost'yu slozhnykh sistem: materialy IX Mezhdunarodnoy konferentsii* [Problems of Managing the Safety of Complex Systems: Proc. of the IX International Conference]. Moscow, Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, pp. 312-315. (In Russian).
2. Karpenko N.P., 2018. *Otsenka geoekologicheskoy situatsii rechnykh basseynov na osnove atributivnykh pokazateley i obobshchennykh geoekologicheskikh riskov* [Assessment of the geoecological situation of river basins based on attributive indicators and generalized geoecological risks]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 15-22, EDN: XNSHWH. (In Russian).
3. Kochurov B.I., 1999. *Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-khozyaystvennyy balans territorii: monografiya* [Geoecology: Ecodiagnostics and Ecological-Economic Balance of the Territory: monograph]. Moscow, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 86 p. (In Russian).
4. Kochurov B.I., 1997. *Perspektivy formirovaniya infrastruktury territorii na osnove novykh form organizatsii landshafta* [Prospects for creating infrastructure of the territory on

the basis of new forms of organization of the landscape]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], no. 2, pp. 126-130. (In Russian).

5. Kochurov B.I., 2006. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and Balanced Development]. 2nd ed., corr. and suppl. Moscow, Infra-M Publ., 362 p. (In Russian).

6. Manzano-Solis L., Diaz-Delgado C., Gomez-Albores M., Mastachi-Loza C., Soares D., 2019. Use of structural systems analysis for the integrated water resources management in the Nenetzingo River watershed. *Land Use Policy*, vol. 87, 104029, DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104029.

7. Ivankova T.V., 2019. *Otsenka stepeni antropogennoy nagruzki v bassejne maloy reki Al'my* [Assessment of the degree of anthropogenic load in the basin of the small Alma River]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Engineering], no. 12, pp. 4-12. (In Russian).

8. Ivankova T.V., 2019. *Gidroekologicheskaya bezopasnost' vodopol'zovaniya v bassejne maloy reki Al'my Respubliki Krym: monografiya* [Hydroecological Safety of Water Management in the Basin of the Small Alma River of the Republic of Crimea: monograph]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ., 64 p. (In Russian).

9. Ivankova T.V., 2017. *Sotsial'no-ekologicheskie aspekty ispol'zovaniya vodnykh resursov sel'skokhozyaystvennykh regionov Yevrazii: monografiya* [Social and Environmental Aspects of Use of Water Resources of Agricultural Regions of Eurasia: monograph]. Moscow, Ru-Science Publ., 186 p. (In Russian).

10. Ivankova T., 2020. Problem of environmental remediation of the river runoff of basin geosystem of the small river Alma (Republic of Crimea). *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 210, DOI: 10.1051/e3sconf/202021007007, EDN: CKFOMK.

11. Karpenko N.P., 2020. *Geoekologicheskie riski* [Geoecological Risks]. Moscow, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy Publ., 112 p. (In Russian).

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ORCID ID: 0000-0002-8724-7799;

Н. Н. Красовская – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, panya-86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID ID: 0000-0003-4426-7762.

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ORCID ID: 0000-0002-8724-7799;

N. N. Krasovskaya – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, panya-86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID ID: 0000-0003-4426-7762.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 94, № 3. С. 90–104.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 94, no. 3. P. 90–104.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 12.09.2024; одобрена после рецензирования 16.10.2024;
принята к публикации 19.11.2024.
The article was submitted 12.09.2024; approved after reviewing 16.10.2024; accepted for
publication 19.11.2024.*