

Научная статья

УДК 631.95; 631.615; 631.626.1; 631.6.03

Код ВАК: 4.1.3

doi: 10.24412/2078-1318-2024-1-27-35

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ БОЛОТНЫХ ВОД НА СТАРОПАХОТНЫХ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ И ВЫРАБОТАННЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

В.П. Царенко¹ ✉, Н.А. Уланов², А.Н. Уланов²

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия
✉ tsarenko.prof@yandex.ru

²Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,
п. Юбилейный, Оричевский район, Кировская область, Россия

Реферат. Главной особенностью торфяных и выработанных почв, длительное время находящихся в культуре, является высокая степень физико-химической и биологической трансформации органического вещества торфяной залежи и подстилающей породы. По содержанию в сбросных водах многих зольных элементов можно с высокой степенью вероятности судить о величине потерь этих элементов из почвенного раствора и почвенно-поглощающего комплекса в целом. Информация о гидрохимическом режиме дренажных вод каждого персонального участка осушаемой торфяной залежи может служить достоверным и весьма оперативным инструментом общего контроля за режимом использования органогенной почвы в сельскохозяйственном и лесном производстве. В настоящей работе приводятся результаты экологической оценки дренажно-сбросных вод с осушаемого низинного торфомассива «Гадовское», используемого в сельскохозяйственной и лесной культурах более 100 лет. Установлено, что гидрохимическая обстановка наиболее тесно связана с гидротермическим режимом, характером и длительностью пребывания различных объектов торфомассива в производстве. С увеличением срока эксплуатации торфяных и выработанных почв повышается степень минерализации стока. Общее количество ионов в сбросных водах, определяемых на объекте, пребывающем в культуре более 90 лет, достигает 620 мг/л, минимальное содержание большинства зольных элементов в водах отмечено на участке, не используемом в кормопроизводстве (310 мг/л). В среднем по всем объектам торфомассива наиболее высокие их потери в дренажных водах приходятся на позднеосенний период, минимальные – на весенний. По совокупности доминирующих ионов дренажно-сбросные воды торфомассива относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

Ключевые слова: *освоенная торфяная почва, выработанный торфяник, кормовой севооборот, вторичная лесная культура, поверхностные дренажные воды*

Цитирование. Царенко В.П., Уланов Н.А., Уланов А.Н. Агроэкологическая оценка дренажно-сбросных болотных вод на старопахотных низинных торфяных и выработанных почвах северо-востока Европейской части России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1 (75). – С. 27–35, doi: 10.24412/2078-1318-2024-1-27-35.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF DRAINAGE-WASTE SWAMP
WATERS ON OLD-ARABLE LOWLAND PEAT AND DEPLETED SOILS
OF THE NORTH-EAST OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIAV.P. Tsarenko¹ ✉, N.A. Ulanov², A.N. Ulanov³¹Saint- Petersburg State Agrarian University,
Pushkin, Saint Petersburg, Russia

✉ tsarenko.prof@yandex.ru

²Vyatka State Agrotechnological University»,
Kirov, Russia³Kirov Meadow-Swamp Experimental Station – branch FSC «AIF named after V.R. Williams»,
p. Yubileyny, Orichi district, Kirov Region

Abstract. The main feature of peat and depleted soils that have been in culture for a long time is a high degree of physico-chemical and biological transformation of the organic matter of the peat deposit and the underlying strata. According to the content of many ash elements in wastewater, it is possible to judge with a high degree of probability the amount of losses of these elements from the soil solution and the soil adsorption complex as a whole. Information on the hydrochemical regime of drainage waters of each personal section of the drained peat deposit can serve as a reliable and operational tool for general control over the regime of use of organogenic soil in agricultural and forestry production. This paper presents the results of the ecological assessment of drainage-waste waters from the drained peat bog «Gadovskoe», used in agricultural and forest crops for more than 100 years, are presented. It has been established that the hydrochemical situation is most closely related to the hydrothermal regime, the nature and duration of stay of various peat mass objects in production. With an increase in the service life of peat and developed soils, the degree of mineralization of drains increases. The total amount than 90 years reaches 620 mg/l, the minimum content of most ash elements in the waters was noted at a site not used in production sphere (310 mg/l). On average, for all peat bog objects, their highest losses in drainage waters occur in the late autumn period, the minimum – in the spring. According to the combination of dominant ions, the drainage-waste waters of the peat bog belong to a calcium hydrocarbonate type of water.

Keywords: *developed peat soil, cutover bog, feed crop rotation, secondary forest culture, surface drainage waters*

Citation: Tsarenko V.P., Ulanov N.A., Ulanov A.N. (2024) ‘Agroecological assessment of drainage-waste swamp waters on old-arable lowland peat and depleted soils of the North-East of the European part of Russia’, *Izvestiya of Sankt-Petersburg State Agricultural University*, vol. 75, no. 1, pp. 27–35, doi: 10.24412/2078-1318-2024-1-27-35.

Введение. Осушение торфяных болот, освоение их под промышленную торфодобычу, дальнейшее использование этих техногенных объектов под кормовые травы и вторичную лесную культуру приводит в конечном итоге к необратимой биохимической перестройке всех компонентов торфяной залежи [1, 2]. При этом скорость биохимических процессов определяется интенсивностью антропогенного воздействия на торфяную залежь. Особенно стремительно процесс трансформации органического вещества (ОВ) торфа протекает в условиях интенсивного осушения и длительной пропашной монокультуры [3–8]. К наиболее оперативным способам контроля за разрушительными процессами торфяных почв относят наблюдения за динамикой химического состава поверхностных сбросных болотных вод [9–12]. По количеству вымываемых зольных элементов и водорастворимых фракций ОВ можно судить о степени потенциальной опасности для окружающей среды продуктов разрушения

торфа. Установлено, что применение агрохимикатов многократно увеличивает уровень экологической напряженности в водной среде [3, 5, 6]. Совершенно очевидно, что эксплуатация осушаемых торфяных и выработанных почв должна непременно сопровождаться оценкой гидрохимического состава сбросных дренажных вод. Она позволит оперативно контролировать агротехнологическую нагрузку на эти объекты, особенно при использовании минеральных удобрений и пестицидов.

Цель исследования – изучить особенность ионного состава и сезонной динамики поверхностных дренажных вод в зависимости от режима и длительности использования старопахотных торфяных и выработанных почв.

Материалы, методы и объекты исследования. Основным объектом исследований является низинный торфомассив «Гадовское» общей площадью 3000 га. Торфомассив расположен в центральном торфяном бассейне Кировской области на территории второй надпойменной террасы р. Быстрицы. Первые осушительные и культуртехнические работы были организованы в 1914-1918 гг. Сброс вековых запасов болотных вод осуществляется через систему из 8 магистральных каналов.

Участок первой очереди освоения более 90 лет используется для выращивания овощных, зерновых, технических и кормовых культур. Остальная часть торфомассива с 1934 г. вырабатывалась послойно-фрезерным способом. По мере выхода территории из-под торфодобычи выработанные торфяники постепенно передавались в сельское или лесное производство. На момент наблюдений возраст искусственных и естественных лесопосадок достиг 40–50 лет. Общая лесопокрытая площадь составляет около 500 га. Ведущая культура – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*).

Особенность землепользования на торфомассиве «Гадовское» – резкая смена во времени агротехнической культуры. До 1980-х гг. обеспеченность кормовых культур удобрительными средствами на всех типах почв находилась на высочайшем уровне. Ежегодно вносилось по 8–12 ц/га физической массы минеральных удобрений. На ремонтных полях под силосные культуры применялся подстилочный навоз КРС в дозах 100–120 т/га, регулярно использовались медь-бор-молибденовые микроудобрения и химические средства защиты растений. За последние 20 лет количество агрохимикатов на однолетних культурах сократилось до физиологического минимума. На многолетних травах они практически не применялись. Лесные культуры изначально функционировали без минеральных удобрений. Для более достоверной оценки влияния продолжительности и режима использования каждого мелиорируемого объекта на ионный состав дренажных вод вся территория торфяного массива была условно поделена на 5 основных участков, отличавшихся сроком пребывания в культуре и видом хозяйственной деятельности:

1. Осушенная торфяная почва, длительность использования в кормопроизводстве более 90 лет, максимально возможная площадь водосбора – 300 га.
2. Выработанный торфяник, длительность использования более 60 лет, площадь водосбора – 250 га.
3. Выработанный торфяник, длительность использования в кормопроизводстве более 40 лет, площадь водосбора – 350 га.
4. Искусственные посадки сосны обыкновенной на выработанных торфяниках, возраст 40-50 лет, площадь водосбора 350 га.

5. Выработанный торфяник, выведенный из активного природопользования по причине мелиоративной неустроенности, время окончания торфодобычи 1960 г. Площадь водосбора – 30 га.

Отбор образцов воды производился из центральных магистральных каналов, осуществлявших максимальный общий водосбор с каждого из указанных участков. Время отбора: апрель, июль и ноябрь 2021-2023 гг. Анализ воды проводился в испытательном центре ФГБУ ГЦАС «Кировский».

Результаты исследования. Для качественно-количественной оценки дренажных вод определялись водородный показатель и основной состав ионов, характеризующий гидрохимическую обстановку. В условиях осушаемых торфяников наиболее информативным показателем антропогенного загрязнения природных вод считается органическое вещество, особенно его водорастворимые фракции [5, 10]. Наиболее практикуемым косвенным методом измерения ОВ является определение перманганатной окисляемости (ПО). В сводной таблице представлены результаты сезонного мониторинга химического состава вод на обозначенных объектах. Так, величина ПО в течение сезона варьировала от 9 до 31 мг/л, что многократно превышает нормативный показатель, составляющий 5 мг/л. С увеличением срока использования торфяных почв под кормовыми культурами содержание ОВ в водах существенно увеличивается. В большинстве случаев максимальный вынос ОВ приходится на позднеосенний период (см. таблицу).

Таблица. Характеристика дренажно-сбросных вод на различных осушаемых объектах торфомассива «Гадовское», мг/л (среднее за 2021-2023 гг.)

Table. Characteristics of drainage-waste water at various drained objects of the Gadovskoye peat bog, mg/l (average for 2021-2023)

Объект	Время	ПО	pH	Анионы					Катионы					Сумма ионов
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Fe _{общ}	
Кормовой севооборот, 40 лет	Весна	9,0	7,9	11,9	20,9	0,08	27,7	253,0	61,0	24,0	0,45	0,4	1,36	400,8
	Лето	11,0	8,6	30,7	9,0	0,06	9,7	287,0	59,0	24,0	0,39	0,3	0,62	420,9
	Осень	19,0	7,5	9,0	26,0	0,13	9,0	296,0	70,0	21,0	1,30	0,5	3,70	436,6
	Среднее	13,0	8,0	17,2	18,6	0,09	15,5	278,7	63,3	23,0	0,71	0,4	1,89	419,0
Кормовой севооборот, 60 лет	Весна	26,0	7,7	19,0	15,2	0,11	14,3	175,0	43,0	14,0	0,62	0,5	2,56	284,3
	Лето	20,0	8,6	22,9	8,0	0,07	0,8	281,0	61,0	18,0	0,46	0,4	0,91	393,6
	Осень	28,0	7,4	22,1	8,0	0,20	1,6	300,0	67,0	18,0	1,70	0,9	3,40	423,0
	Среднее	24,7	7,9	21,3	10,4	0,13	5,6	252,0	57,0	16,7	0,93	0,6	2,29	367,0
Кормовой севооборот, 90 лет	Весна	31,0	7,7	26,0	25,4	0,19	21,4	250,0	64,0	21,0	0,75	4,0	1,68	414,4
	Лето	27,0	8,4	29,4	7,0	0,08	0,3	456,0	88,0	35,0	0,41	10,2	0,74	627,0
	Осень	29,0	7,7	19,3	29,7	0,09	8,0	386,0	84,0	27,0	0,73	0,9	1,17	556,9
	Среднее	29,0	7,9	24,9	20,7	0,12	9,9	364,0	78,7	27,7	0,63	5,0	1,20	532,8
Выработанный торфяник, не используемый в производстве	Весна	19,0	7,6	8,0	7,0	0,09	1,4	159,0	37,0	9,0	0,79	0,3	3,85	226,4
	Лето	25,0	8,3	25,5	7,0	0,13	0,4	247,0	53,0	12,0	0,71	0,2	4,74	350,9
	Осень	27,0	7,2	20,7	7,0	0,31	1,2	243,0	58,0	11,0	0,22	0,6	9,92	352,0
	Среднее	23,7	7,7	18,1	7,0	0,18	1,0	216,0	49,3	10,7	0,57	0,4	6,17	309,8
Выработанный торфяник под лесопосадками сосны	Весна	20,0	7,8	20,4	20,0	0,03	14,6	144,0	41,0	10,0	0,48	0,3	1,07	251,9
	Лето	24,0	8,4	27,4	7,0	0,09	6,6	244,0	55,0	16,0	0,62	0,2	2,71	359,9
	Осень	24,0	7,4	20,0	16,6	0,14	7,3	265,0	65,0	13,0	2,75	0,5	5,64	396,0
	Среднее	22,7	7,9	22,6	14,5	0,09	9,5	217,7	53,7	13,0	1,28	0,3	3,14	335,9

Концентрация ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины pH зависят жизнедеятельность гидробионтов, устойчивость различных форм миграции элементов,

агрессивное действие воды на бетон и металлы водорегулирующих систем. От величины водородного показателя (ВП) зависят процессы превращения различных форм биогенных элементов и токсичность некоторых загрязняющих веществ. Значение рН в водах низинных болот обычно колеблется от 7,2 до 8,6 [5, 9, 10]. На изучаемых объектах величина рН укладывается в эти параметры и практически не зависит от длительности пребывания почв в культуре. Из данных таблицы следует, что максимальное значение ВП (до 8,6) на всех объектах отмечено в июле, минимальное (до 7,2) – осенью.

В дренажных водах всех без исключения объектов торфомассива «Гадовское» многократно доминирует гидрокарбонат-анион, придающий природной воде так называемую временную жесткость. Максимальное его содержание (300–460 мг/л) в водах на осушаемой территории, используемой под кормовые культуры, приходится на летний и осенний периоды. На бесхозных выработанных торфяниках, используемых под вторичные древостой, количество HCO_3^- в 1,5 раза меньше.

Содержание Cl^- -иона в болотно-сбросных водах варьирует в пределах 15–27 мг/л, что значительно меньше ПДК, составляющей 350 мг/л. Максимальное количество (до 30 мг/л) приходится на летний период. Отмечена тенденция его незначительного увеличения в водах по мере увеличения срока освоения торфяной почвы под кормовыми травами.

Сульфаты, как и хлориды, относятся к солям, создающим постоянную (трудноустранимую) жесткость природной воды. В сбросных болотных водах их содержание зависит от характера использования объекта и времени отбора образцов. На площади под кормовыми культурами максимальное количество сульфатов (10–30 мг/л) приходится на весенний и осенний периоды. Минимальное (6–9 мг/л) – в июле с территории под лесопосадками и неиспользуемыми выработанными участками.

Как уже было отмечено, наибольшую опасность в плане эвтрофирования водной среды представляют соединения фосфора и азота [3, 4, 7, 10]. Первые признаки эвтрофирования могут наблюдаться уже при их содержании 15 мг/л. ПДК нитратов составляет 45 мг/л. В сбросных водах торфомассива содержание водорастворимых соединений фосфора не превышает в среднем за сезон 0,09–0,17 мг/л. Содержание нитратов варьирует от 0,4 до 1,4 мг/л на неиспользуемых выработанных участках. На полях кормовых севооборотов количество нитратов в водах доходит до 28 мг/л. В среднем по объектам минимальные потери фосфора и нитратного азота из-за активного их потребления растениями отмечены в летний период, максимальные – осенью.

Из группы катионов в сбросных водах торфомассива уверенно доминируют двухвалентные ионы. Так, содержание Ca^{2+} колеблется от 40 мг/л на неиспользуемых и залесенных выработанных участках до 90 мг/л под кормовыми севооборотами. Содержание Mg^{2+} под этими же объектами варьирует соответственно от 9–12 до 35 мг/л (таблица). Установлено, что по мере увеличения срока пребывания осушаемых земель под кормовыми культурами количество Ca^{2+} и Mg^{2+} в водах увеличивается. В сезонной динамике максимальные потери Ca^{2+} с дренажными водами приходятся на осенний период, особенно если он сопровождается обильными осадками. Динамика Mg^{2+} выражена слабее. Аналогичные данные по осушаемым низинным болотам приводят многие исследователи в разных регионах Нечерноземной зоны России [1, 2, 11, 12].

Содержание ионов калия (K^+) в дренажно-сбросных водах в целом по торфомассиву редко превышает 1 мг/л. Лишь на торфяной почве, находящейся в сельскохозяйственной

культуре более 90 лет (прифермский кормовой севооборот), в весенний и летний периоды его количество может достичь 4–7 мг/л. Это совпадает с разовым внесением большого количества подстилочного навоза (до 200 т/га) на эту территорию, так как она примыкает к животноводческим объектам. Сезонная динамика K^+ выражена слабо.

Соединения железа в зависимости от ОБП профиля осушаемой почвы и значений pH могут находиться в почвенном растворе в двухвалентной (легкоподвижной) и трехвалентной (труднорастворимой) формах одновременно [3, 4, 7, 9, 10]. В целом по торфяному массиву в соотношении 60:40 доминируют соединения Fe^{3+} . Для более полной качественной оценки железа как потенциального загрязнителя водоемов мы приводим суммарное (общее) его содержание в дренажно-сбросных водах. Наблюдается относительно высокая концентрация ионов железа на всех без исключения объектах. Так, при ПДК 0,3 мг/л разброс значений общего железа в водах составляет от 1,8 мг/л под кормовыми культурами до 6,2 мг/л под лесными культурами. Очевидно, что такая разница в содержании железа в границах одного торфомассива связана не столько с режимами использования объектов, сколько с пестротой природного геохимического фона самого бывшего болота. В сезонной динамике наибольшее количество железа в дренажных водах за счет его закисных форм отмечено в позднеосенний период.

Катионы NH_4^+ , в отличие от нитратных форм азота, присутствуют в дренажных водах в незначительных количествах: от 0,4 мг/л под кормовыми культурами до 2,8 мг/л под лесопосадками, что почти укладывается в рамки ПДК (2,5 мг/л). На всех объектах торфяного массива прослеживается общая тенденция: минимальное содержание аммонийного азота приходится на лето, а максимальное – на позднюю осень (см. таблицу). Прежде всего, это обусловлено сезонной разницей в гидротермических условиях среды и сменой физиологических ритмов питания самих растений.

Выводы:

1. В среднем по объектам компоненты дренажного стока по величине выноса располагаются в следующей последовательности: катионы: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > F_{общ} > NH_4^+ > K^+$; анионы: $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-} > NO_3^- > H_2PO_4^-$. Это соотношение позволяет отнести сбросные воды к гидрокарбонатно-кальциевому типу.

2. Увеличение срока пребывания торфяной почвы в сельскохозяйственной культуре приводит к значительному увеличению потерь большинства зольных элементов с мелиоративным стоком. Максимальные потери приходятся на позднеосенний срок. Минимальный вынос соединений азота, фосфора и калия отмечен в летний период.

3. Отсутствие хозяйственной деятельности на выработанной торфяной почве выгодно отличает ее от остальных объектов. Так, общие потери основных биогенных элементов и нитратного азота на этом участке в 1,5–2,0 и 10–15 раз соответственно ниже средних значений по торфомассиву. Максимальное количество (3–10 мг/л) соединений железа скорее всего связано с геохимической пестротой торфяной залежи, а не с режимом использования выработанной почвы.

Список литературы

1. Черноусенко, Г.И. Влияние физических свойств торфяных почв на миграцию влаги и её потребление растениями: монография / Г. И. Черноусенко, И.И. Судницын; Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения МГУ. – М.: МАКС Пресс, 2019. – 151 с. – ISBN 978-5-317-06099-2.
2. Анженков, А.С. Сохранение и повышение плодородия торфяных почв / А. С. Анженков, В. Н. Филиппов // Мелиорация. – 2023. – № 1(103). – С. 47–52.
3. Максимов, С.А. Научные основы формирования биогеохимических барьеров при мелиорации и рекультивации земель / С. А. Максимов. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2021. – 295 с. – ISBN 978-5-907464-08-7.
4. Научные основы и технологические приемы комплексного регулирования параметров агроэкосистемы: [монография] / Л. В. Кирейчева, Н. П. Карпенко, В. М. Яшин [и др.]. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2022. – 234 с. – ISBN 978-5-907464-30-8.
5. Регулирование баланса потоков биогенных элементов в агроэкосистемах осваиваемых и старопахотных земель Нечерноземной зоны: [монография] / В. А. Шевченко, Н. С. Матюк, А. М. Соловьев [и др.]. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2022. – 160 с. – ISBN 978-5-907464-22-3.
6. Шевченко, В.А. Современное состояние выбывших из оборота мелиорированных земель и перспективы их освоения: монография / В.А. Шевченко – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2021. – 408 с. – ISBN 978-5-907464-00-1.
7. Экологические проблемы при вовлечении в оборот ранее мелиорированных земель Нечерноземной зоны и пути их решения: монография / В. А. Шевченко, А. М. Соловьев, Г. И. Бондарева, Н.П. Попова. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2021. – 134 с. – ISBN 978-5-6042437-7-0.
8. Авраменко, Н.М. Изменение физических свойств осушенной торфяной залежи в процессе ее осадки / Н. М. Авраменко // Мелиорация. – 2019. – № 1(87). – С. 24–37.
9. Бакштанин А.М., Глазунова И.В., Маркин В.Н. [и др.]. Вопросы управления качеством дренажного стока: монография / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский государственный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева), Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова. – М.; Курск: Университетская книга, 2022. – 207 с. – ISBN 978-5-907679-00-9.
10. Экологический мониторинг мелиоративных земель и мелиоративных систем: монография / [Б. М. Кизяев, С. Д. Исаева, В. П. Максименко и др.]; под редакцией В. А. Шевченко; Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – М.: ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. – 342 с. – ISBN 978-5-9906860-7-6.
11. Власов, М.В. Моделирование взаимосвязи поверхностных и дренажных вод / М. В. Власов, С. В. Куприянова // Экология и водное хозяйство. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 88–99.
12. Сафронова, Т.И. Формирование загрязненного поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 3. – С. 1–7.

References

1. Chernousenko G. I. (2019), The influence of the physical properties of peat soils on the migration of moisture and its consumption by plants: monograph / G. I. Chernousenko, I. I. Sudnitsyn; V. V. Dokuchaev Soil Institute, Lomonosov Moscow State University, Faculty

- of Soil Science, Moscow State University. M.: MAKS Press. – 151 p. – ISBN 978-5-317-06099-2. (In Russ.).
2. Anzhenkov A. S. (2023), 'Preservation and improvement of fertility of peat soils', *Melioration*, vol. 103, no. 1, pp. 47–52. (In Russ.).
 3. Maksimov S. A. (2021), Scientific foundations of the formation of biogeochemical barriers during melioration and land reclamation. S. A. Maksimov. M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 295 p. – ISBN 978-5-907464-08-7. (In Russ.).
 4. Scientific foundations and technological techniques of comprehensive regulation of agroecosystem parameters: [monograph] L. V. Kireicheva, N. P. Karpenko, V. M. Yashin [et al.].(2022), M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 234 p. – ISBN 978-5-907464-30-8. (In Russ.).
 5. Regulation of the balance of flows of biogenic elements in agroecosystems of cultivated and old-arable lands of the Non-Chernozem zone: [monograph] V. A. Shevchenko, N. S. Matyuk, A.M. Solovyov [et al.].(2022), M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 160 p. – ISBN 978-5-907464-22-3. (In Russ.).
 6. Shevchenko V. A. (2021), The current state of reclaimed lands that have been retired from circulation and prospects for their development: monograph / Shevchenko V. A. – M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 408 p. – ISBN 978-5-907464-00-1. (In Russ.).
 7. Environmental problems in the process of involving previously reclaimed lands of the Non-Chernozem zone into circulation and ways to solve them: monograph / V. A. Shevchenko, A. M. Solovyov, G. I. Bondareva, N. P. Popova. (2021), M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 134 p. – ISBN 978-5-6042437-7-0. (In Russ.).
 8. Avramenko N.M. (2019), Change in the physical properties of a drained peat deposit during its contraction. N. M. Avramenko. *Melioration*. 2019. no. 1(87). pp. 24–37. (In Russ.).
 9. Bakshtanin, A.M., Glazunova, I.V., Markin V.N. [et al.] (2022), Issues of drainage runoff quality management: monograph, M.; Kursk: University Book, 207 p. – ISBN 978-5-907679-00-9. (In Russ.).
 10. Ecological monitoring of reclamation lands and reclamation systems: monograph / [B. M. Kizyaev, S. D. Isaeva, V. P. Maksimenko, etc.]; edited by V. A. Shevchenko.(2019), M.: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», 342 p. – ISBN 978-5-9906860-7-6. (In Russ.).
 11. Vlasov M. V. (2022), 'Modeling the relationship of surface and drainage waters', *Ecology and water management*, vol. 4, no. 2, pp. 88–99. (In Russ.).
 12. Safronova T. I. (2020), 'Formation of polluted surface runoff on agricultural lands', *International Agricultural Journal*, vol. 63, no. 3, pp. 1–7. (In Russ.).

Сведения об авторах

Царенко Василий Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, <https://orcid.org/0000-0003-2495-1997>, SPIN-код: 7808-4692, Scopus ID: 6603935280; tsarenko.prof@yandex.ru.

Уланов Николай Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», <https://orcid.org/0009-0007-7954-0411>, SPIN-код: 5140-6792; bolotoagro50@mail.ru.

Уланов Анатолий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Кировская лугоболотная опытная станция – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», <https://orcid.org/0009-0005-3265-3254>; bolotoagro50@mail.ru.

Information about the authors

Vasily P. Tsarenko, Doc. Sci. (Agric.), Professor of the Alexandrova Department of Soil Science and Agrochemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Saint-Petersburg State Agrarian University”, <https://orcid.org/000-0003-2495-1997>, SPIN-code: 7808-4692, Scopus ID: 6603935280; tsarenko.prof@yandex.ru.

Nikolay A. Ulanov, Cand. Sci. (Agric.), Senior Researcher, Kirov Meadow-Swamp Experimental Station – branch FSC «AIF named after V.R. Williams», <https://orcid.org/0009-0007-7954-0411>; bolotoagro50@mail.ru.

Anatoly N. Ulanov, Doc. Sci. (Agric.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, Kirov Meadow-Swamp Experimental Station – branch FSC «AIF named after V.R. Williams», <https://orcid.org/0009-0005-3265-3254>; bolotoagro50@mail.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024; одобрена после рецензирования 14.02.2024; принята к публикации 26.02.2024.

The article was submitted 12.01.2024; approved after reviewing 14.02.2024; accepted for publication 26.02.2024.