

### Список цитированных источников

1. Кижнер, Л. И. Изменение режима ветра в Томске в начале XXI века / Л. И. Кижнер, Н. Ю. Серая // Труды главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. – Спб., 2015. – Т. 576. – С. 102–113.
2. Изменения климата: последствия, смягчение, адаптация : учеб.-метод. Комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 424 с.
3. Справочник по климату СССР : Белорусская ССР : Метеорологические данные за отдельные годы. – Обнинск : ВНИИГМИ – МИД, 1975. – Ч. III. – Т. I. : Направление ветра. – 1975. – 593 с.
4. Справочник по климату СССР; отв. Ред. Н. А. Малишевская – Ленинград : Гидрометеиздат, 1966. – Ч. III. – вып. 7. – 1966. – 156 с.
5. Бурлибаев, М. Ж. Колебания уровня воды озера Балкаш в условиях изменяющегося климата / М. Ж. Бурлибаев, А. А. Волчек, Д. М. Бурлибаева // Гидрометеорология и экология. – 2017. – № 2. – С. 46–65.
6. Волчек, А. А. Пространственно-временные колебания и оценка однородности временных рядов среднегодовой скорости ветра для территории Беларуси / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – № 1, 2019 – БрГУ имени А. С. Пушкина, 2018. – С. 76–84.
7. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. – Минск : ТетраСистемс, 2008. – 496 с.
8. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

УДК 631.423.3

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИКАНТОВ НА СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

*А. А. Волчек<sup>1</sup>, Н. Н. Костюченко<sup>2</sup>, М. М. Дашкевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь, volchak@tut.by

<sup>2</sup>Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь, kost-n@rambler.ru

#### Аннотация

В статье анализируется химический состав дерново-подзолистой связнопесчаной почвы на склоновых агроландшафтах крутизной 0,10° и 0,22°. Установлено, что агроландшафт с уклоном местности 0,22° незначительно отличается по количеству экотоксикантов между верхней и нижней частями склона, за исключением азота нитратного в весенний период. При уклоне 0,10° содержание химических элементов в почве ниже по склону преобладало: азота аммонийного в 1,6–2,5 раз, азота нитратного в 1,6–6,9 раз, калия в 1,5–3,9 раз, тяжелых металлов в среднем 1,2–8,2 раза, по сравнению с верхней частью склона, но не превышало установленных норм.

**Ключевые слова:** агроландшафт, дерново-подзолистая связнопесчаная почва, азот аммонийный, азот нитратный, фосфор, калий, тяжелые металлы.

## **DISTRIBUTION OF ECOTOXICANTS ON SLOPE AGRICULTURAL LANDSCAPES**

*A. A. Volchek, N. N. Kostiuchenko, M. M. Dashkevich*

### **Abstract**

The article analyzes the chemical composition of soddy-podzolic coherent-sandy soil on sloping agricultural landscapes with a steepness of 0,10° and 0,22°. It has been established that the agricultural landscapes with a terrain slope of 0,22° differs slightly in the amount of ecotoxigants between the upper and lower parts of the slope, with the exception of nitrate nitrogen in the spring. With a slope of 0,10°, the content of chemical elements in the soil below the slope prevailed: ammonium nitrogen by 1,6–2,5 times, nitrate nitrogen by 1,6–6,9 times, potassium by 1,5–3,9 times, heavy metals by on average of 1,2–8,2 times compared to the upper part of the slope, but did not exceed the established norms.

**Keywords:** agricultural landscapes, soddy-podzolic coherent-sandy soil, ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, phosphorus, potassium, heavy metals.

**Введение.** Для формирования экологически устойчивого сельскохозяйственного землепользования необходимо владеть достаточной и объективной информацией об изменениях, происходящих в почвах. В агроландшафтах, помимо биологического круговорота веществ, происходит процесс техногенного поступления элементов, связанный с внесением удобрений, пестицидов, гербицидов, что может привести к загрязнению и необратимым процессам химической деградации земель, оказывая негативное воздействие на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции.

Химические вещества, которые при поступлении в окружающую среду в дозах, превышающих предельно допустимые концентрации, вызывают нарушения нормальной деятельности экологических систем, называют экотоксикантами. Среди элементов, постоянно вносимых в почву агроландшафтов, преобладают азот, фосфор, калий. Они оказывают первостепенное значение на формирование урожая сельскохозяйственных культур, однако в высоких концентрациях снижают качество урожая. У растений избыток азота нитратного нарушает транспортировку питательных веществ, в результате чего, затягивается рост побегов, отодвигается начало цветения. Высокое содержание фосфора ускоряет развитие растений, а также может блокировать поступление в них калия, железа, цинка, меди и других важнейших элементов питания и, как следствие этого, вызвать болезни и приостановку роста. Избыток калия приводит к нарушению водно-солевого обмена, в результате чего наступает увядание растения, плоды характеризуются пониженным содержанием сахара и кислот.

Имеются сведения о том, что минеральные и органические удобрения являются источником поступления тяжелых металлов (ТМ) в агроэкосистему [1–4]. Потенциально опасными с точки зрения накопления кадмия являются фосфорные и калийные удобрения, свинца – фосфорные, цинка – органические,

меди – органические и фосфорные [4]. Попадая в почву и растения, они накапливаются и включаются в метаболические циклы живых организмов, образуя высокотоксичные канцерогенные соединения [5]. Загрязнение почвы ТМ влияет на трансформацию азотсодержащих веществ, снижает содержание в ней минеральных веществ и т.д. Наибольшее давление на эти процессы оказывает кадмий, несколько меньше медь, затем цинк и свинец. На низкоплодородных почвах особое влияние на содержание в почве минерального азота оказывает медь и значительно меньше – кадмий и свинец [6].

Многие авторы, изучающие распределение химических элементов по профилю почвы, указывают на равномерность их размещения с определенной аккумуляцией в верхнем слое [6, 7]. На дальнейшее перераспределение экотоксикантов в результате их миграции большое влияние оказывают рельеф территории, а именно, наличие наклонных поверхностей, которые способствуют гравитационному перемещению водных и твердых масс от более высоких уровней к более низким [8].

В Белорусском Полесье преобладают склоны крутизной менее 3°, процентное соотношение которых в данном регионе составляет 95,1% по сравнению с другими почвенно-экологическими провинциями [9]. Данная особенность рельефа приводит к перераспределению питательных веществ по площади, что оказывает влияние на урожай и качество растениеводческой продукции [10].

Изучением внутрипочвенной миграции основных элементов питания занимались многие ученые [11–14]. Исследования показали, что количество нитратного азота снижается вниз по профилю с незначительной его аккумуляцией в материнской породе. В тоже время динамика изменения подвижного фосфора менее выражена и не отличается четкой закономерностью [11]. В работе [12] авторы утверждают, что фосфор обычно фиксируется в пахотном слое почвы, а на супесчаных почвах, подстилаемых песками, при высоких дозах внесения органики, возможна миграция фосфора в более глубокие почвенные горизонты, что обусловлено большей миграционной способностью органических соединений данного элемента по сравнению с минеральными. Ввиду высокой подвижности калия в дерново-подзолистых почвах возможна его существенная миграция на склоновых территориях не только вниз по профилю почв, но и с поверхностными и внутрипочвенными стоками [13]. Авторы отмечают, что на легких почвах с низким содержанием гумуса ТМ мигрируют в нижележащие слои, а затем в грунтовые воды, часть экотоксикантов поступает в растения. Вопросами изучения влияния микропонижений на качество грунтовых вод при использовании органических удобрений занимались П. Ф. Тиво, В. И. Желязко и др [10, 15–17]. Распределение экотоксикантов по почвенному профилю в зоне влияния животноводческих комплексов исследовали Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Г. Е. Мерзлая и др. [18–21].

Однако в Полесском регионе, на песчаных почвах, отличающихся низкой влагоемкостью, небольшим содержанием элементов питания, что требует повышенных доз внесения органических и минеральных удобрений, данных по распределению химических элементов на склоновых агроландшафтах недостаточно. Кроме того, вследствие преобладания в ландшафтной структуре Полесья низинных территорий, сложенных легко проницаемыми песчаными отложениями и близким к поверхности залеганием грунтовых вод, существует повышенная опасность их загрязнения [22]. Это требует мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и разработки технологических приемов, минимизирующих отрицательные последствия привнесения токсикантов [23].

Исходя из вышесказанного целью нашей работы являлось исследование распределения наиболее приоритетных экотоксикантов на легких почвах склоновых агроландшафтов Полесского региона.

**Объекты и методы.** Исследования проводились в 2021 г. на агроландшафтах ОАО «Племзавод Мухавец» Брестского района в окрестностях деревни Вулька Заставская. Почвы сельхозугодий – дерново-подзолистые связнопесчаные, типичные для юго-запада Полесского региона. В течение года отбор проб проводился 3 раза: весной, летом, осенью с пахотного (0–25 см) и подпахотного (25–40 см) горизонтов.

Склоновые агроландшафты представлены участками 1 и 2. Участок 1 имеет уклон местности 0,22°, участок 2 – 0,10°. Уклон местности рассчитан с помощью топографической карты масштаба 1:50000. Карты уточнены спутниковым снимком. Отбор проб почв на каждом участке проводили в пяти точках в верхней и нижней частях склона.

Подстилочный навоз в агроландшафтах вносился в дозе 60 кг/га: на участке 1 – 1 год назад, на участке 2 – 2 года назад. На 1-м участке высеяна озимая рожь, на 2-м – кукуруза. Минеральные удобрения вносились в дозах, стандартных для возделывания вышеуказанных сельскохозяйственных культур.

Определение концентраций азота, фосфора, калия в почвенных образцах осуществляли фотометрическим методом. Содержание обменного аммония и нитратов устанавливали путем их экстракции из воздушно-сухой почвы раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм<sup>3</sup> с последующим добавлением к почвенной вытяжке салицилата и гипохлорита натрия для определения количества аммония (ГОСТ 26489-85), гидразина – для определения концентрации нитратов (ГОСТ 26488-85). Подвижные формы фосфора и калия устанавливали методом Кирсанова в модификации ЦИНАО. Для экстракции вышеуказанных соединений использовали раствор соляной кислоты концентрации 0,2 моль/дм<sup>3</sup>. Фосфор определяли в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на спектрофотометре СФ-56, калия на пламенном фотометре М-1382 (ГОСТ 26207–91).

На содержание тяжелых металлов пробы анализировали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе iCAP 7200 по ГОСТ ISO 22036-2014. В качестве экстрагирующего раствора использовали смесь азотной и соляной кислот в соотношении 1:3 (ISO 11466:1995).

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что на склоновых агроландшафтах наибольшая концентрация большинства химических элементов зафиксирована в пахотном слое почвы, что согласуется с утверждением других авторов.

Среди исследуемых соединений азот аммонийный обнаружен только в весенний период. Количество данного соединения в дерново-подзолистой почве выше по склону на участках 1 и 2 незначительно отличалось и составило соответственно 6,12 и 5,04 мг/кг в пахотном слое и 5,23 и 4,35 мг/кг в подпахотном слое. Содержание азота аммонийного в нижней части склона преобладало по сравнению с верхней в 1,2–1,6 раз в пахотном и в 1,1–2,5 раз в подпахотном слое (таблица 1).

**Таблица 1** – Содержание азота, подвижных соединений фосфора и калия в дерново-подзолистой связнопесчаной почве склоновых агроландшафтов

Время отбора	Глубина отбора образца, см	Азот аммонийный, мг/кг	Азот нитратный, мг/кг	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг
Участок 1 – уклон местности 0,22° (посевы озимой ржи 1-й г. п/д навоза)					
Выше по склону					
Весна	0–25	6,12	2,07	376,9	170,00
	25–40	5,23	2,00	136,7	106,50
Лето	0–25	нпо	5,93	300,1	115,00
	25–40	нпо	2,94	98,4	98,50
Осень	0–25	нпо	нпо	264,3	94,00
	25–40	нпо	нпо	41,9	83,0
Ниже по склону					
Весна	0–25	7,27	3,80	387,4	172,50
	25–40	5,49	3,35	226,6	134,50
Лето	0–25	нпо	7,24	282,5	126,00
	25–40	нпо	3,17	134,4	119,00
Осень	0–25	нпо	нпо	200,9	101,00
	25–40	нпо	нпо	49,9	65,00
Участок 2 – уклоном местности 0,10° (посевы кукурузы 2-й г. п/д навоза)					
Выше по склону					
Весна	0–25	5,04	7,18	460,96	118,5
	25–40	4,35	5,90	144,7	99,5
Лето	0–25	нпо	13,45	361,5	86,00
	25–40	нпо	2,80	174,6	69,50
Осень	0–25	нпо	2,20	363,3	85,00
	25–40	нпо	нпо	101,3	63,50
Ниже по склону					
Весна	0–25	7,82	13,14	188,2	278,5
	25–40	10,78	9,37	141,9	285,5
Лето	0–25	нпо	24,3	208,9	242,5
	25–40	нпо	19,4	176,4	270,5
Осень	0–25	нпо	13,51	89,2	124,0
	25–40	нпо	17,57	82,3	177,5

Примечание – нпо – ниже предела обнаружения прибора

Исследования показали, что на втором участке содержание азота нитратного в весенне-осенний период в два и более раз выше по сравнению с первым (таблица 1). Максимальное количество данного соединения отмечено в летний период в пахотном слое почвы. Выше по склону численное значение азота нитратного составило 5,93 мг/кг (участок 1) и 13,45 мг/кг (участок 2), что соответственно в 1,2–1,8 раз меньше, чем в нижней части склона. Несмотря на увеличение концентрации данного соединения в почве, расположенной ниже по склону, полученные нами данные не достигали наименьшего порогового значения, соответствующего низкому уровню загрязнения [24]. В подпахотном слое содержание нитратов за исследуемый период не превышало 3,35 мг/кг на 1-м участке и 19,4 мг/кг – на 2-м участке. К осени количество данного соединения в почве снизилось.

Наибольшие различия по концентрации соединений азота, между верхней и нижней частями склона, в течение исследований отмечены на агроландшафте крутизной – 0,10° (участок 2). На данном участке ниже по склону содержание азота аммонийного по профилю почвы в 1,6–2,5 раз, азота нитратного – в 1,6–6,9 раз больше по сравнению с верхней частью. На участке с уклоном 0,22° весной разница по количеству азота нитратного на различных частях склона составила 1,8 раз, а в дальнейшем не обнаружены значительные отличия по содержанию данного соединения в почве.

Максимальная концентрация подвижного фосфора в почвах агроландшафтов зафиксирована в весенний период (таблица 1). Количество данного элемента в верхних частях склона составило 376,9 мг/кг почвы (участок 1) и 461,0 мг/кг (участок 2) мг/кг и оценивалось соответственно, как высокое и очень высокое, в нижних – высокое – 387,4 мг/кг (участок 1) и повышенное – 188,2 мг/кг (участок 2) [25]. Следует отметить, что в нижней части склона обоих участков увеличение содержания фосфора не наблюдалось, в отличие от азотсодержащих соединений, вследствие его малой подвижности. Отмечено лишь уменьшение количества фосфора в почве с мая по сентябрь, что вероятно связано с ростом и развитием растений. В подпахотном горизонте содержание данного элемента снижалось аналогично пахотному слою.

Концентрация подвижного калия в почвах агроландшафтов, преобладала в мае, а в последующие месяцы снижалась (таблица 1). Верхняя часть склона характеризовалась средним (участок 1) и низким (участок 2) содержанием калия, нижняя – средним (участок 1) и повышенным (участок 2) [25]. На участке 1 с уклоном местности 0,22°, количество данного элемента в почве, расположенной ниже по склону, в течение исследований значительно не изменилось по сравнению с верхним склоном, а при уклоне 0,10° – увеличилось в 1,5–3,9 раз и составило 124–278 мг/кг в пахотном слое и 177–285 мг/кг – в подпахотном.

Анализ полученных данных показал, что валовое содержание ТМ оказалось значительно ниже установленных норм [24]. Среди исследуемых элементов минимальное содержание отмечено у кобальта, максимальное – у марганца (таблица 2). Кадмий в почве не обнаружен, кроме нижней части склона участков 1 и 2.

**Таблица 2** – Валовое содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой связнопесчаной почве склоновых агроландшафтов

Время отбора	Глубина отбора, см	Тяжелые металлы, мг/кг							
		Cd	Pb	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn
Участок 1 – уклон местности 0,22° (посевы озимой ржи).									
Выше по склону									
Весна	0–25	нпо	5,7	1,5	7,9	4,4	82,8	4,6	19,1
	25–40	нпо	3,4	1,3	6,5	1,6	47,0	2,9	11,4
Лето	0–25	нпо	5,1	1,4	6,7	3,7	73,8	3,6	17,1
	25–40	нпо	2,1	1,4	6,4	1,3	34,6	3,2	9,6
Осень	0–25	нпо	4,9	1,3	6,5	4,2	80,3	3,6	15,7
	25–40	нпо	2,1	1,6	6,9	1,5	34,7	3,4	8,1
Ниже по склону									
Весна	0–25	0,01	5,7	1,8	7,2	4,6	82,6	4,8	19,6
	25–40	нпо	3,5	1,9	7,1	2,9	53,1	4,5	15,2
Лето	0–25	нпо	5,2	1,4	7,9	3,9	71,6	3,7	18,5
	25–40	нпо	2,5	1,5	7,2	1,5	30,9	2,6	8,2
Осень	0–25	нпо	4,3	1,4	6,6	4,1	72,2	3,9	16,9
	25–40	нпо	3,0	1,3	7,2	1,1	33,3	2,9	10,1
Участок 2 – уклон местности 0,10° (посевы кукурузы).									
Выше по склону									
Весна	0–25	нпо	3,8	1,1	4,6	4,0	66,5	2,8	11,3
	25–40	нпо	1,9	1,3	4,6	1,4	33,3	2,7	8,5
Лето	0–25	нпо	4,7	1,3	5,5	4,7	78,3	3,4	16,2
	25–40	нпо	1,7	1,1	4,4	1,2	24,8	2,7	6,1
Осень	0–25	нпо	5,7	1,5	6,0	4,0	74,8	3,8	19,5
	25–40	нпо	1,9	1,2	3,8	1,0	20,7	2,4	8,5
Ниже по склону									
Весна	0–25	0,12	8,0	2,2	9,7	9,6	87,8	3,6	23,5
	25–40	0,14	9,4	2,5	12,7	12,1	87,0	4,6	26,8
Лето	0–25	нпо	9,7	2,2	13,7	8,9	89,0	4,2	21,4
	25–40	нпо	7,4	2,3	15,7	6,7	72,0	4,6	16,9
Осень	0–25	нпо	9,5	3,0	10,6	8,2	83,7	3,8	30,2
	25–40	нпо	10,6	4,0	16,6	10,4	79,7	5,3	34,2

Примечание – нпо – ниже предела обнаружения прибора.

Следует отметить, что концентрации кобальта, хрома и никеля равномерно распределены по профилю почвы. Например, содержание кобальта в слое почвы 40 см в течение всего периода исследований варьировало в пределах 1,1–1,9 мг/кг, а в нижней части склона крутизной 0,10° его количество весной и летом составило 2,2–2,5 мг/кг и к осени увеличилось до 3,0–4,0 мг/кг (таблица 2). Распределение по профилю вышеуказанных элементов определяется гранулометрическим составом почвы, и зависит от наличия илистой фракции [26]. В тоже

время содержание свинца, меди, марганца и цинка преобладало в пахотном слое почвы. Исключение составил участок 2, где ниже по склону различия концентраций ТМ между пахотным и подпахотным горизонтами незначительны.

Что касается распределения химических элементов в почве склоновых агроландшафтов, то при уклоне местности  $0,22^\circ$  концентрация экотоксикантов в почве нижней части склона незначительно отличалась от верхней. В то же время при уклоне  $0,10^\circ$  содержание никеля и марганца в почве ниже по склону возросло в пахотном горизонте в среднем в 1,2 раза, цинка – в 1,6 раз, кобальта – в 1,9 раз, свинца – в 2,0 раз, меди и хрома в 2,1 раз по сравнению с верхом склона; в подпахотном слое ниже по склону увеличение концентраций составило в среднем 2 раза у никеля, 2,4 раза у кобальта, 3,1 раза у марганца, 3,3 раза у цинка, 3,6 раз у хрома, 5 раз у свинца. У меди разница между верхней и нижней частями склона крутизной  $0,10^\circ$  оказалась наибольшей и составила в среднем 8,2 раза.

**Заключение.** 1. В дерново-подзолистой связнопесчаной почве склоновых агроландшафтов крутизной  $0,10^\circ$  и  $0,22^\circ$  наибольшая концентрация экотоксикантов зафиксирована в пахотном слое почвы, за исключением кобальта, хрома, никеля, содержание которых равномерно распределено по профилю почвы на глубину 40 см. 2. Разница по количеству элементов между верхней и нижней частями склона более выражена при уклоне местности  $0,10^\circ$ . Ниже по склону содержание соединений в слое 0–40 см оказалось больше, чем в верхней части склона: азота аммонийного в 1,6–2,5 раз, азота нитратного в 1,6–6,9 раз, калия в 1,5–3,9 раз, тяжелых металлов в среднем 1,2–8,2 раза, но не превышало установленных норм. 3. В агроландшафте с уклоном местности  $0,22^\circ$  количество экотоксикантов в почве незначительно отличалось между верхней и нижней частями склона, за исключением азота нитратного в весенний период. 4. Неоднородность содержания экотоксикантов в сельскохозяйственных угодьях усложняет использование единых агротехнологических приемов классического земледелия и требует дифференцированного подхода к разработке возделывания сельскохозяйственных культур с учетом особенностей рельефа, гранулометрического состава почвы и др.

#### Список цитированных источников

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Степанюк, В. В. Влияние комплексов техногенных элементов на химический состав сельскохозяйственных культур / В. В. Степанюк // Агрехимия. – 2003. – № 1. – С. 50–60.
3. Ямалтдинова, В. Р. Влияние систем удобрений на агрохимические показатели и накопление тяжелых металлов в почве и яровой пшенице (*Triticum aestivum* L.) / В. Р. Ямалтдинова, М. Т. Васбиева, Д. С. Фомин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2020. – № 3. – С. 39–43. DOI: 10.26178/AE.2020.78.61.004.
4. Обухов, А. И. Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга / А. И. Обухов, А. А. Попова // Вест. МГУ. Сер. 17, Почвоведение. – 1992. – № 3. – С. 31–39.



5. Амосов, Н. А. Алгоритм здоровья / Н. А. Амосов. – М. : Издательство АСТ, 2002. – 590 с.
6. Белюченко, И. С. Вопросы защиты почв в системе агроландшафта / И. С. Белюченко // Научный журнал КубГАУ, 2014. – № 95(01). – С. 232–241.
7. Муравьев, Е. И. Закономерности латерального и вертикального распределения тяжелых металлов в почвах агроландшафта (на примере изучения агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района, Краснодарского края) / Е. И. Муравьев, Л. Б. Попок, Е. В. Попок, В. Н. Гукалов, И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 5–24.
8. Гукалов, В. Н. Тяжелые металлы в почвах агроландшафта (по результатам исследований ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края) / В. Н. Гукалов // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2013. – Т. 9. – № 4. – С. 15–44.
9. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В. В. Лапа, А. Ф. Черныша ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 170 с.
10. Тиво, П. Ф. Снижение загрязнения окружающей среды при внесении бесподстилочного навоза / П. Ф. Тиво, А. С. Анженков, Л. А. Саскевич // Мелиорация. – 2015. – № 1 (73). – С. 137–149.
11. Медведев, И. Ф. Рельеф и особенности внутрипочвенной миграции питательных элементов в агроландшафте / И. Ф. Медведев, А. С. Бузуева, Д. И. Губарев, В. И. Ефимова, С. С. Деревягин // Агрохимический вестник. – 2016. – № 6. – С. 14–19.
12. Мерзлая, Г. Е. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур / Г. Е. Мерзлая, И. В. Щеголева, М. В. Леонов // Перспективное свиноводство: Теория и практика. – 2012. – № 6. – С. 3–8.
13. Никитина, Л. В. Влияние систем удобрений на склоновом агроландшафте на калийный режим суглинистой почвы / Л. В. Никитина, В. А. Романенков // Плодородие. – 2020. – № 4. – С. 35–38. DOI: 10.25680/s19948603.2020.115.10.
14. Папаскири, Т. В. Геохимические исследования агроландшафтов с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Т. В. Папаскири, Л. И. Бойценюк, М. А. Хрусталева, С. В. Суслов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Т. 65. – № 3 (387). – С. 226–230. DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_3\_226.
15. Asmus, F. Therapie für güllebelastete Boden / F. Asmus, M. Volke // Neue Landwirtschaft. – 1993. – № 7. – P. 43–44.
16. Желязко, В. И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорированных агроландшафтах Нечерноземья: монография / В. И. Желязко, П. Ф. Тиво, Ю. А. Мажайский. – Рязань : Мещерский ф-л Всеросс. НИИ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, 2006. – 304 с.
17. Krutko, S. M. Reducing environmental pollution by animal manure from big farms / S. M. Krutko, P. F. Tivo // Ammonia workshop 2012 Saint Petersburg. Abating ammonia emissions in the UNECE and EECCA region. – Bilthoven : RVM (The Netherlands), 2014. – P. 123–131.
18. Богатырева, Е. Н. Содержание катионов и анионов в дерново-подзолистых почвах, прилегающих к животноводческим комплексам и птицефабрикам / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, Ю. А. Белявская, Т. М. Кирдун, М. М. Торчило, О. М. Бирюкова // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1 (62). – С. 179–195. – 2020. – № 2 (65). – С. 85–96.

19. Богатырева, Е. Н. Миграция подвижных форм ТМ по профилю дерново-подзолистых почв под влиянием регулярных нагрузок жидких отходов животноводства / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, Ю. А. Белявская, Т. М. Кирдун, М. М. Торчило // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1 (62). – С. 179–195.
20. Мерзлая, Г. Е. Использование органических отходов в сельском хозяйстве / Г. Е. Мерзлая // Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 48–54.
21. Дегодюк, С. Э. Нитратное загрязнение окружающей природной среды животноводческими стоками промышленного свиного комплекса в зоне Полесья / С. Э. Дегодюк [и др.] // Природная среда Полесья : особенности и перспективы развития : сб. науч. работ VI Международной научной конференции, Брест, 12–14 сентября 2012 г. / Редкол. : Н. В. Михальчук (отв. ред.) [и др.]. – Брест : Альтернатива, 2012. – Вып. 5. – С. 71–73.
22. Струк, М. И. Оценка средоформирующей роли объектов животноводства в Припятском Полесье / М. И. Струк // Природопользование. – 2015. – № 27. – С. 24–32.
23. Троц, В. Б. Влияние минеральных удобрений на аккумуляцию тяжелых металлов в почве и фитомассе зерновых культур / В. Б. Троц, Д. А. Ахматов, Н. М. Троц // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 1. – С. 45–49.
24. Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.03.01-001-2020. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению. Введ. 01.07.2021. – Минск : Мин-во природн. ресурсов и охраны окр. среды РБ, 2020. – 6 с.
25. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : Методические указания. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012 г. – 40 с.
26. Лукин, С. В. Хром и никель в почвах Белгородской области / С. В. Лукин // Агрохимический вестник. – 2012. – № 6. – С. 4–6.

УДК 556.048

## РЕКИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» И ИХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

*А. А. Волчек<sup>1</sup>, О. Г. Савич-Шемет<sup>2</sup>, Н. Н. Шешко<sup>1</sup>, С. И. Парфомук<sup>1</sup>,  
Н. Н. Шпендик<sup>1</sup>, Д. Н. Дашкевич<sup>1</sup>, С. В. Сидак<sup>1</sup>, М. Ф. Кухаревич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, volchak@tut.by

<sup>2</sup>Институт Природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь, savichoks@yandex.by

### **Аннотация**

В статье анализируются современные гидрологические характеристики рек Беловежской пуши за период инструментальных наблюдений и дается прогнозная оценка водного режима исследуемой территории. С помощью ГИС была обновлена база данных гидрологических характеристик рек Беловежской пуши.

**Ключевые слова:** река, сток, гидрология, база данных, Беловежская пуша.