

и водоотведения»: материалы Междунар. конф., посвященной 145-летию УП «Минскводоканал», Минск, 13–14 февраля 2019 г. : в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2019 – Ч. 2 – 324 с. – ISBN 978-985-530-738-0.

4. Драгинский, В. Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.Г. Самойлович. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 400 с.

5. Мухутдинова А.Н. Фармацевтические соединения на основе азотосодержащих гетероциклов - новый класс загрязнителей окружающей среды / А.Н. Мухутдинова, М.И. Рычкова, Е.А. Тюмина, Е.В. Вихарева // Вестник Пермского университета. – 2015. – №1. – С. 65–76.

6. Орлов, В.А. Озонирование воды / В.А. Орлов. - М.: Стройздат, 1984. – 88 с.

7. Прожерина Ю Фармацевтические отходы как новая экологическая проблема / Ю. Прожерина // Водопользование. Водоотведение. Водоподготовка. – 2021. – № 1. – С. 31–40.

8. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Зайков. – М.: Наука, 1974. – 324 с.

УДК 631.423.3

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРУНТОВЫХ ВОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ОАО «ПЛЕМЗАВОД МУХАВЕЦ»

А. А. Волчек¹, Н. Н. Костюченко², А. М. Подлужная³

*¹ Доктор географических наук, профессор, профессор
кафедры природообустройства факультета инженерных систем и экологии
УО «Брестский государственный технический университет»,
Брест, Беларусь, e-mail : volchak@tut.by*

*² Научный сотрудник Полесского аграрно-экологического института
НАН Беларуси, Брест, Беларусь, e-mail : kost-n@rambler.ru*

*³ Младший научный сотрудник Полесского аграрно-экологического
института НАН Беларуси, Брест, Беларусь*

Реферат

В статье рассматривается химический состав грунтовых вод сельскохозяйственных угодий на территории предприятия интенсивного животноводства и растениеводства ОАО «Племзавод Мухавец». Наиболее распространенными загрязнителями грунтовых вод являются соединения азота, фосфор, цинк, медь, хром и кобальт. Наблюдается сезонность в содержании некоторых элементов: марганец обнаружен только в весенних и осенних пробах, хром – в летних и осенних пробах, кобальт – в летних пробах и одной осенней, свинец – в летних и одной весенней. На склоновых агроландшафтах крутизной 0,10° разница в концентрации элементов наиболее выражена у кальция, фосфора, никеля и железа, причем концентрация кальция преобладала в верхней части склона, а фосфора, никеля и железа – в нижней части.

Ключевые слова: грунтовые воды, загрязнение, азот, фосфор, калий, тяжелые металлы.

CHEMICAL COMPOSITION OF GROUNDWATER OF AGRICULTURAL LAND JSC «BREEDING PLANT MUHAVETS»

A. A. Volchek, N. N. Kostiuchenko, A. M. Podluzhnaya

Abstract

The article discusses the chemical composition of groundwater of agricultural lands on the territory of the enterprise of intensive animal husbandry and crop production JSC «Plemzavod Mukhavets». The most common groundwater pollutants are nitrogen compounds, phosphorus, zinc, copper, chromium and cobalt. Seasonality is observed in the content of some elements: manganese was found only in spring and autumn samples, chromium - in summer and autumn samples, cobalt - in summer samples and one autumn sample, lead - in summer and one spring sample. On slope agricultural landscapes with a steepness of $0,10^\circ$, the difference in the concentration of elements is most pronounced in calcium, phosphorus, nickel and iron, with the concentration of calcium predominating in the upper part of the slope, and phosphorus, nickel and iron in the lower part.

Keywords: groundwater, pollution, nitrogen, phosphorus, potassium, heavy metals.

Введение

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства приводит к ежегодному поступлению в окружающую среду большого количества разнообразных веществ: отходов животноводства, удобрений, пестицидов и др. [1–4]. Попадая в почву, растения, а затем в грунтовые и поверхностные воды экотоксиканты изменяют химический состав природных объектов, оказывая негативное воздействие на здоровье животных и человека.

Среди огромного многообразия поллютантов особое внимание следует обратить на соединения азота: аммиак, ионы аммония, нитриты, нитраты, поскольку они наиболее подвижны и небезопасны для людей. Чаще всего загрязнение этими элементами происходит вследствие интенсивного разложения органических веществ, или в результате искусственной концентрации отходов животноводства и растениеводства (штабеля навоза, соломы, малоценной части урожая и т.п.). В агроландшафтах наиболее распространены загрязнения поверхностных и подземных вод именно промежуточными продуктами разложения органики, а не техногенным азотом минеральных удобрений как считалось ранее [5, 6]. Поступление избытка нитратного азота через продукты питания и питьевую воду в организм человека вызывает такое заболевание как метгемоглобинемия, которая является наиболее опасной для пожилых людей и детей.

Загрязнение агроландшафтов связано и с применением фосфорных удобрений, которые содержат широкий спектр химических элементов. Так, в суперфосфате кроме фосфора обычно содержится до 1,5% фтора, 0,005% кадмия, 0,005–0,03% мышьяка, а также стронций, медь, свинец [7]. Таким образом внося в почву фосфорные удобрения, мы загрязняем ее тяжелыми металлами – высокотоксичными соединениями, попадание которых в организм вызывает

различные заболевания [8]. Вместе с калийными удобрениями в почву попадает кадмий, органические удобрения служат источником поступления в почву меди и цинка. [9]. На сегодняшний день загрязнение почвы фосфором и калием не нормируется. Однако, подвижные соединения вышеуказанных элементов, присутствующие в минеральных и органических удобрениях, а также сопутствующие им тяжелые металлы, в процессе фильтрации поступают в нижележащие почвенные слои, а затем и в грунтовые воды, что может привести к их загрязнению и выведению из строя эксплуатационных скважин и крупных водозаборов. Исходя из вышесказанного, можно подытожить, что химический состав грунтовых вод – один из важнейших показателей экологического состояния территории, так как является результатом взаимодействия всех компонентов ландшафта [10].

Объекты и методы

Исследования химического состава грунтовых вод сельскохозяйственных угодий проводили в 2022 г. на территории ОАО «Племзавод Мухавец» – аграрного предприятия, специализирующегося в получении племенной продукции животноводства. Помимо этого данная организация занимается производством растениеводческой продукции.

В течение года отбора проб грунтовых вод проводился 3 раза: весной (19.05.), летом (12.07.), осенью (19.09.) в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.5.05-85. Отбор образцов осуществляли с колодцев местных жителей. Образцы № № 1–4 отобраны выше по склону в деревне Вулька Заставская, пробы № № 5–8 – ниже по склону в д. Заболотье. Уклон местности составляет $0,10^\circ$. Уклон местности рассчитан с помощью топографической карты масштаба 1:50000. Карты уточнены спутниковым снимком. Пробу № 9 отбирали в 160 м от штабеля подстилочного навоза ($105 \times 12 \times 1,5$ м). Глубина залегания грунтовых вод: № 1 – 6 м, № 2 – 5 м, № 3 – 5 м, № 4 – 5 м, № 5 – 3 м, № 6 – 3 м, № 7 – 3 м, № 8 – 3 м, № 9 – 1,5 м. Всего отобрано 27 образцов грунтовых вод.

Химический анализ воды выполняли фотометрическим методом согласно следующим методикам: массовая концентрация нитратов – ГОСТ 33045-2014 метод Д с использованием салициловокислого натрия, массовая концентрация аммиака и ионов аммония – ГОСТ 33045-2014 метод А с использованием реактива Несслера, концентрация ортофосфата – ГОСТ 18309-2014 метод Б с аскорбиновой кислотой на спектрофотометре СФ-56. калия – на пламенном фотометре М-1382. Тяжелые металлы определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) на приборе iCAP-7200 согласно СТБ ISO 11885-2011.

Результаты и их обсуждение

Химический анализ показал, что концентрации веществ в грунтовых водах соответствовали установленным нормативам для воды питьевого назначения за исключением железа, кобальта и хрома. содержание которых в 1,03–5,17 раз, 2,10–4,20 раз и 1,20–8,60 раз, соответственно, превышала допустимый уровень.

В течение исследований показатель кислотности грунтовых вод находился в пределах установленной нормы и составил 7,6–8,0 единиц в верхней части

склона, 6,6–7,3 единиц в нижней части склона, в 160 м от хранения навоза – 7,9 единиц.

Наибольшая концентрация железа – 1,55 мг/дм³ – зафиксирована в весенний период в пробе № 3, отобранной выше по склону. Содержание данного элемента в 5,2 раза превышало ПДК. Осенью в пробе № 6 зарегистрировано превышение содержания железа в 1,3 раза. Незначительно увеличена концентрация железа в пробе № 8: весной данный показатель составил 0,32 мг/дм³, осенью – 0,31 мг/дм³ при ПДК=0,315 мг/дм³.

Загрязнение грунтовых вод кобальтом отмечено только в летний период в одной пробе, отобранной выше по склону (№ 3), в двух пробах, отобранных ниже по склону (№ 5, № 8), и в пробе № 9. Содержание кобальта в вышеуказанных пробах превышало допустимый уровень в 2,1–4,2 раза. Наибольшая концентрация отмечена в пробе № 8 – 0,42 мг/дм³, а в остальных находилась на уровне 0,21–0,29 мг/дм³.

Превышение допустимой концентрации хрома в грунтовых водах зафиксированы в летний период ниже по склону, за исключением пробы № 7. Максимальное содержание данного элемента оказалось в пробе № 8 – 0,43 мг/дм³, что в 8,6 раз выше ПДК. В пробах № 5 и № 6 концентрация хрома оказалась равной 0,12 мг/дм³ и в 2,4 раза превышала установленную норму. В пробе № 9 его количество составило 0,06 мг/дм³ при ПДК=0,05 мг/дм³.

При оценке грунтовых вод в соответствии с нормативами качества воды поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции рыб, установлено превышение содержания азота аммонийного, азота нитратного, фосфора, калия, железа, алюминия, меди, цинка, марганца, кобальта и хрома.

Повышенная концентрация азота аммонийного зафиксирована в течение всего периода исследований в пробах грунтовых вод, отобранных в 160 м от места хранения подстилочного навоза и в осенней пробе № 1. В первом случае количество данного соединения с мая по сентябрь повышалось с 0,64 до 1,01 мг/дм³ в 1,6–2,6 раз превышая допустимую концентрацию; во втором случае отмечено разовое увеличение количества азота аммонийного в 2,2 раза.

В тоже время содержание азота нитратного в пробах воды, отобранных недалеко от штабеля навоза, находилось в пределах установленной нормы и с мая по сентябрь понижалось с 2,45 до 1,17 мг/дм³. Превышение ПДК азота нитратного отмечено во всех пробах грунтовых вод, отобранных на верхней и нижней частях склона, за исключением № 1, отобранной весной и осенью и № 5, отобранной летом. Наиболее загрязненной оказалась проба № 2, в которой концентрация вышеуказанного соединения в период исследований находилась на уровне 21,13–36,73 мг/дм³ и в 2,3–4,1 раз превышала допустимую норму. Максимальная концентрация азота нитратного в грунтовых водах зарегистрирована весной – 7,72–36,73 мг/дм³ выше по склону и 9,83–34,76 мг/дм³ ниже по склону. Летом его содержание снизилось: в пробе № 5 с 9,83 до 8,70 мг/дм³, в пробах № 4 и № 9 количество азота нитратного уменьшилось в 1,3 раза, а в пробах № 2, № 3, № 6, № 7, № 8 – 1,6–2,0 раз. Осенью отмечено повышение

концентраций данного соединения, однако их численные значения не превышали весенние показатели, за исключением пробы № 4. Значительной разницы между количеством азота нитратного на разных частях склона не обнаружено.

Концентрация фосфора превышала допустимый уровень во всех пробах грунтовых вод за исключением пробы № 2 и пробы № 9, отобранных в июле. Содержание фосфора, в отличие от предыдущего соединения, преобладало в грунтовых водах, отобранных ниже по склону. Если в верхней части склона его количество в период исследований находилось в пределах 0,05–0,83 мг/дм³ в зависимости от пробы, и существенно не отличалось по сезонам, то ниже по склону оно составило 0,65–3,33 мг/дм³ и лишь 0,35 мг/дм³ в весенней пробе № 6. Самое высокое содержание фосфора зарегистрировано в пробе № 8 – 2,35–3,33 мг/дм³, что в 35,6 – 50,5 раз выше ПДК. Наименьшее количество данного элемента зафиксировано в пробе № 2 – 0,05–0,09 мг/дм³ при ПДК=0,066 мг/дм³. Незначительно отличалось по сравнению с данной пробой содержание фосфора в пробе № 9 – 0,06–0,09 мг/дм³.

Содержание калия в грунтовых водах находилось в пределах нормы, исключение составила проба № 7 отобранная в весенний период, где количество данного элемента достигало 55,0 мг/дм³ при ПДК=50,0 мг/дм³. Наибольшая концентрация калия в течение исследований зафиксирована в пробе № 7 – 49,75–55,0 мг/дм³, а наименьшая – в пробе № 2 – 6,23–8,30 мг/дм³.

В период с мая по сентябрь в грунтовых водах отмечено значительное колебание содержания железа. Повышенные концентрации его выявлены в осенней пробе № 6, весенних пробах № 3 и № 8. Минимальные концентрации данного показателя зарегистрированы летом – 0,002–0,004 мг/дм³ выше по склону и 0,007–0,016 мг/дм³ ниже по склону, что на порядок ниже весенних и осенних значений. Разница между количеством железа по склонам более четко выражена в летний и осенний периоды и составляет 2,2–3,5 раз.

Устойчивое загрязнение алюминием обнаружено в пробе грунтовых вод № 6: весной зарегистрировано превышение концентрации в 2,5 раза, летом – в 8,25 раз, осенью – в 7,25 раз. В двух пробах повышенное содержание данного показателя отмечено весной и осенью и составило в среднем в 4,6 раз в пробе № 8 и в 2,4 раза в пробе № 9. В пробе № 3 численные значения алюминия превышали норму в 5,25 раз весной и в 2,18 раз летом. Разовые превышения концентрации алюминия зарегистрированы в пробах № 7 (в 2,9 раз летом) и в пробе № 4 (в 1,3 раза осенью).

Таблица 1 – Содержание химических веществ в грунтовых водах сельскохозяйственных угодий ОАО «Племзавод Мухавец»

Пробы воды	pH	NH ⁺	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd
Весна																	
Выше по склону																	
1	7,7	0,13	7,72	0,5	16,4	–	–	0,06	нпо	нпо	0,02	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
2	7,6	0,05	36,73	0,07	8,3	–	–	0,05	нпо	нпо	0,12	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
3	7,7	0,08	33,20	0,12	22,4	–	–	1,55	0,21	нпо	0,27	0,01	нпо	нпо	нпо	0,01	нпо
4	7,7	0,19	14,42	0,66	25,8	–	–	0,06	нпо	нпо	0,03	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
Ниже по склону																	
5	6,9	0,20	9,83	1,2	16,1	–	–	0,07	0,27	0,01	0,50	0,05	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо
6	7,0	0,12	31,79	0,35	15,1	–	–	0,24	0,10	0,01	0,10	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
7	6,9	0,17	33,42	0,7	55,0	–	–	0,09	нпо	0,02	0,40	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо	нпо
8	6,6	0,13	34,76	2,9	35,0	–	–	0,32	0,19	0,01	0,04	0,01	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо
В 160 м от места складирования подстилочного навоза																	
9	7,9	0,64	2,45	0,08	8,9	–	–	0,30	0,09	0,02	0,05	нпо	0,01	нпо	нпо	нпо	нпо
Лето																	
Выше по склону																	
1		0,13	9,35	0,51	12,52	119,4	6,77	0,004	0,004	0,032	0,002	нпо	0,001	нпо	0,03	0,006	нпо
2		нпо	21,13	0,05	6,58	105,2	5,64	0,003	0,039	0,001	0,001	нпо	0,001	0,04	0,05	нпо	нпо
3		0,02	20,87	0,07	18,21	109,5	7,17	0,002	0,087	0,011	0,001	нпо	0,001	0,29	0,04	нпо	нпо
4		0,09	11,34	0,71	22,32	107,5	7,96	0,003	0,016	0,002	0,001	нпо	нпо	0,02	нпо	нпо	нпо
Ниже по склону																	
5		0,29	8,70	0,65	11,05	41,3	4,2	0,008	нпо	0,004	0,003	нпо	0,001	0,24	0,12	0,006	нпо
6		0,06	16,29	0,96	14,82	15,5	0,68	0,007	0,330	0,041	0,008	нпо	0,001	0,03	0,12	нпо	нпо
7		0,18	19,21	0,65	49,89	71,4	11,3	0,016	0,115	0,003	0,005	нпо	нпо	нпо	0,03	нпо	нпо
8		0,18	18,00	2,35	35,25	45,8	8,23	0,007	0,013	0,008	0,005	нпо	0,001	0,42	0,43	0,001	нпо
В 160 м от места складирования подстилочного навоза																	
9		0,79	1,83	0,06	7,15	61,0	2,12	0,015	0,013	0,002	0,008	нпо	0,002	0,21	0,06	нпо	нпо
Осень																	
Выше по склону																	
1	7,8	0,86	3,29	0,81	11,33	111,1	6,22	0,08	0,01	0,002	0,019	0,049	0,003	нпо	0,022	нпо	нпо
2	8,0	нпо	30,15	0,09	6,23	100,3	5,78	0,06	0,03	0,001	0,077	0,001	0,003	нпо	0,023	нпо	нпо
3	7,8	0,04	23,49	0,09	18,19	92,4	6,00	0,08	0,02	0,001	0,044	0,001	0,003	нпо	0,024	нпо	нпо
4	7,7	0,09	17,72	0,83	23,64	113,6	8,63	0,13	0,05	0,004	0,073	0,014	0,004	нпо	0,022	нпо	нпо

Продолжение таблицы

Пробы воды	pH	NH ⁺	NO ₃	P	K	Ca	Mg	Fe	Al	Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Cr	Pb	Cd
Осень																	
Ниже по склону																	
5	7,3	0,21	9,17	1,03	15,91	22,0	1,44	0,13	0,04	0,005	0,416	0,048	0,012	нпо	0,024	нпо	нпо
6	7,0	0,11	15,56	1,10	11,36	39,4	4,28	0,38	0,29	0,008	0,047	0,005	0,007	нпо	0,024	нпо	нпо
7	7,0	0,19	26,97	0,71	49,75	75,1	11,08	0,14	0,01	0,016	0,086	0,004	0,016	нпо	0,023	нпо	нпо
8	7,0	0,16	19,63	3,33	34,74	45,0	7,44	0,31	0,18	0,006	0,095	0,004	0,011	нпо	0,024	нпо	нпо
В 160 м от места складирования подстилочного навоза																	
9	7,9	1,01	1,17	0,09	8,21	74,7	3,18	0,27	0,10	0,014	0,076	0,020	0,012	0,001	0,025	нпо	нпо
ПДК для питьевой воды	6–9	2,0	45,0	3,5	–	–	–	0,3	0,5	1,0	5,0	0,1	0,1	0,1	0,05	0,03	0,001
ПДК для поверхностных вод	6,5–8,5	0,39	9,03	0,066	50,0	180,0	40,0	0,315	0,04	0,004	0,012	0,028	0,034	0,01	0,005	0,014	0,005

Примечания:

Нпо – ниже предела обнаружения прибора

Полужирным цветом выделены значения, превышающие ПДК для воды питьевого назначения

На сером фоне значения, превышающие ПДК поверхностных водных объектов, используемых для размножения

Повышенное содержание меди зарегистрировано в мае и сентябре в пробах, отобранных ниже по склону и в пробе № 9. Весной концентрация меди в них находилась в пределах 0,01–0,02 мг/дм³, что в 2,5–5 раз выше ПДК, а осенью варьировала в более широких пределах 0,005–0,016 мг/дм³, в 1,25–4,0 раз превышая нормативное значение. Наибольшее содержание меди выявлено летом в пробе № 6 – 0,041 мг/дм³, что в 10,3 раза выше ПДК. Высокая концентрация меди оказались в пробе № 1, отобранной выше по склону – 0,032 мг/дм³ (ПДК= 0,004 мг/дм³). В пробах № 3 и № 8 обнаружено превышение допустимой концентрации в 2,8 раз и 2,0 раза, соответственно. В пробе № 9 концентрация меди в 5 раз превышала установленную норму в весенний период и в 3,5 раз – в осенний и составила, соответственно, 0,02 мг/дм³ и 0,014 мг/дм³.

Загрязнение цинком отмечалось в весенних и осенних пробах грунтовых вод. Концентрация данного элемента между пробами различается в десятки раз. Например, в пробах отобранных весной концентрация цинка находилась в пределах 0,02–0,27 мг/дм³ выше по склону и 0,04–0,50 мг/дм³ – ниже по склону при ПДК=0,012 мг/дм³. Летом она снижается до минимальных значений и составляет 0,001–0,002 мг/дм³ выше по склону и 0,003–0,008 мг/дм³ ниже по склону. В пробе № 9 содержание цинка в данный период оказалось равным 0,008 мг/дм³. К осени количество цинка в грунтовых водах возросло и в 1,6–6,4 раза превышало значение ПДК в верхней части склона, в 3,9–7,9 раз в нижней части, в 6,3 раза в пруду. Исключение составила проба № 5, где в осенний и весенний периоды зафиксирована максимальная концентрация цинка – 0,416 мг/дм³ и 0,50 мг/дм³ в 34,7 раз и 41,7 раз, соответственно, превышая ПДК.

Марганец обнаружен в весенних и осенних пробах грунтовых вод. Превышение установленной концентрации данного элемента выявлено в пробах № 5 весной и осенью и в пробе № 1 осенью и составило в среднем 1,8 раз.

Кобальт зарегистрирован только в летний период, причем его количество во всех пробах оказалось повышенным. Содержание кобальта в грунтовых водах варьировало в широких пределах 0,02–0,29 мг/дм³ выше по склону и 0,02–0,42 мг/дм³ ниже по склону при ПДК 0,01 мг/дм³. Максимальная концентрация отмечена в пробе № 8 (в 42 раза выше ПДК), минимальная – в пробе № 4 (в 2 раза выше ПДК). В пробе № 9 содержание кобальта составило 0,21 мг/дм³ и в 21 раз превышало нормативное значение.

Хром зафиксирован в летний и осенний периоды, в концентрациях превышающих установленную норму. В июле в верхней части склона его количество находилось на уровне 0,03–0,05 мг/дм³, что 6–10 раз выше нормы. В пробе № 4 данного элемента не выявлено. В нижней части склона содержание хрома оказалось более высоким по сравнению с верхней частью и достигало 0,43 мг/дм³ (проба № 8) при ПДК= 0,005 мг/дм³. Осенью разница в концентрации хрома на разных частях склона не выражена и находилась в пределах 0,022–0,024 мг/дм³, причем в некоторых образцах она снизилась, а в некоторых повысилась по сравнению с предыдущими значениями. В пруду содержание данного элемента в июле составило 0,06 мг/дм³, а к осени оно снизилось в 2,4 раза, однако, несмотря на это, его численное значение в 5 раз превышало допустимую концентрацию.

Остальные элементы соответствовали нормам, установленным для поверхностных вод, и находились в следующих пределах: кальций – 92,4–119,4 мг/дм³ выше по склону и 15,5–75,0 мг/дм³ ниже по склону, магний – 61,0–74,7 мг/дм³ в 160 м от места хранения навоза (ПДК= 180,0 мг/дм³), магний – 5,64–8,63 мг/дм³ выше по склону, 0,68–11,8 мг/дм³ ниже по склону, цинк – 2,12–3,18 мг/дм³ в 160 м от места хранения навоза (ПДК=40 мг/дм³), никель – 0,001–0,004 мг/дм³ выше по склону, 0,007–0,016 мг/дм³ ниже по склону, свинец – 0,002–0,012 мг/дм³ в 160 м от места хранения навоза (ПДК= 0,034 мг/дм³), свинец – 0,006 мг/дм³ и ниже в летний период, 0,01 мг/дм³ в весенней пробе № 3 (ПДК= 0,014 мг/дм³). Кадмий в грунтовых водах не обнаружен.

Заключение

При оценке грунтовых вод сельскохозяйственных угодий ОАО «Племзавод Мухавец» установлено, что концентрации веществ в них соответствовали установленным нормативам для воды питьевого назначения за исключением железа, кобальта и хрома, содержание которых в 1,03–5,17 раз, 2,10–4,20 раз и 1,20–8,60 раз, соответственно, превышала допустимый уровень.

При оценке грунтовых вод в соответствии с нормативами качества воды поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции рыб, выявлено превышение содержания соединений азота, фосфора, калия, железа, алюминия, меди, цинка, марганца, кобальта и хрома. Наиболее распространенными загрязнителями грунтовых вод являются соединения азота, фосфор, цинк, медь, хром и кобальт.

Наблюдается сезонность в содержании некоторых элементов: марганец обнаружен только в весенних и осенних пробах, хром – в летних и осенних пробах, кобальт – в летних пробах и одной осенней, свинец – в летних и одной весенней.

Разница в концентрации элементов склоновых агроландшафтов крутизной 0,10° наиболее выражена у кальция, фосфора, никеля и железа, причем концентрация кальция преобладала в верхней части склона, а фосфора, никеля и железа – в нижней части.

Таким образом, для разработки приемов рационального природопользования необходимо осуществить переоценку запасов грунтовых вод с учетом их соответствия стандартам качества, а также совершенствовать технологии земле- и водопользования для сельскохозяйственных предприятий.

Список цитированных источников

1. Смирнова И.Р. Антропогенное воздействие отходов животноводства на окружающую среду / И.Р. Смирнова., М.Г. Киселева // Ветеринария. – 2011. – № 11. – С.45–49.
2. Иванов Ю.А. Экологичное животноводство, проблемы и вызовы / Ю.А. Иванов, В.В. Миронов // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2015. – № 87. – С. 35–48.
3. Волчек, А.А. Влияние бесподстилочного навоза на загрязнение окружающей среды при его использовании в агроландшафтах / А.А. Волчек, Н.Н. Костюченко // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2021. – № 2 (125). – С. 70–74.
4. Костюченко Н.Н. Влияние штабелей подстилочного навоза на химический состав почвы / Н.Н. Костюченко, А.А. Волчек // Плодородие почв – основа продовольственной без-

опасности государства : мат. VI съезда почвоведов и агрохимиков / Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2022. – С. 163–166.

5. Забулис Р.М. Модели миграции азотистых соединений в грунтовых водах в районах жи-вотноводческих комплексов / Р.М. Забулис // Изучение условий защищенности подземных вод: сб. науч. трудов. – Москва, 1986. – С. 69–80.

6. Коломієць С.С. Просторова оцінка ризику забруднення біогенними елементами ґрунтових вод агроландшафтів / С.С. Коломієць // Агроекологічний журнал. – 2013. – № 1. – С. 35–38.

7. Геохимия ландшафта / Н. К. Чертко [и др.]. – Минск : БГУ, 2011. – 303 с.

8. Амосов Н.А. Алгоритм здоровья / Н.А. Амосов. – М., АСТ, 2002. – 590 с.

9. 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.

10. Шилькрот Г.С. О миграции фосфора и других химических элементов с грунтовым стоком в сельских ландшафтах / Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.» : сб. науч. тр. / Карельский научный центр РАН. – Петрозаводск, 2015. – Том 1. – С. 386–394.

УДК 556.5

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ГОДОВОЙ И МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК БЕЛАРУСИ: ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ

А. А. Волчек¹, С. В. Сидак², С. И. Парфомук³, Н. Н. Шешко⁴

¹ Доктор географических наук, профессор, профессор кафедры природообустройства факультета инженерных систем и экологии УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : volchak@tut.by

² Ассистент кафедры информатики и прикладной математики УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : harchik-sveta@mail.ru

³ К. т. н., доцент, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : parfom@mail.ru

⁴ К. т. н., доцент, начальник научно-исследовательской части УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь, e-mail : optimum@tut.by

Реферат

В статье выполнена оценка изменений характеристик годового стока, максимального стока весеннего половодья и основных стокоформирующих факторов за период 1988–2018 гг. по отношению к периоду 1949–1987 гг. Установлено, что отмечаемые за последние десятилетия климатические изменения существенно меняют картину пространственно-временной изменчивости максимального стока. Изменения же годового стока для большинства водосборов Беларуси носят статистически незначимый характер. Основными климатическими факторами, определяющими сток весеннего половодья, являются осадки