

преимущественно геохимически автономные территории. В ПТК со средней интенсивностью водообмена сохраняется преобладание данных условий, однако расчлененность и степень дренированности ПТК заметно уменьшаются.

Совершенно иная геохимическая обстановка в условиях Березинского полигона свойственна ПТК со слабой интенсивностью водообмена. Здесь широко распространены наряду с автоморфными полугидроморфные почвы на водно-ледниковых, озерно-ледниковых, аллювиальных и болотных отложениях, для которых характерны кислый глеевый класс водной миграции, кислородный, глеевый, сорбционный восстановительный барьеры. В ПТК с замедленным водообменом преобладают геохимически подчиненные территории. Им свойственны восстановительные условия, аккумуляция химических элементов, миграция которых происходит главным образом в растворенном состоянии. Повсеместно распространены гидроморфные и полугидроморфные почвы на болотных, водно-ледниковых, аллювиальных, озерных и озерно-ледниковых отложениях, отличающиеся кислым глеевым классом водной миграции, наличием сорбционного восстановительного, кислородного и глеевого барьеров (см. рис. 2).

Таким образом, анализ геохимических особенностей окружающей среды позволяет оценить степень защищенности и устойчивость геохимических систем к техногенезу, определить тенденции изменения геохимической обстановки.

Карты динамики ландшафтов и ландшафтно-геохимическая являются необходимыми для оценки состояния окружающей среды и существенно дополняют среднемасштабное геоэкологическое картографирование информацией о динамических характеристиках ПТК и ландшафтно-геохимической обстановке.

1. Марцинкевич Г. И., Клицунова Н. К. // Антропогенные ландшафты и вопросы охраны природы. Уфа, 1984. С. 135.
2. М а м а й И. И. Динамика ландшафтов. Методика изучения. М., 1992.
3. П е р е л ь м а н А. И. Геохимия. М., 1989.

УДК 628.112:543.3

Т. Я. ЛОБАЧ

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОЛОДЕЗНЫХ ВОД МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ

Data of chemical composition of well-waters of Polesye, Poozerye and the Central Part of Belarus are adduced. Questions of the influence of remoteness from land-reclamation units and remoteness of the date of drainage and agricultural use of reclaimed soils on chemical composition of well-waters are considered.

Источниками водоснабжения небольших и средних городов служат подземные воды, однако их доля в общем объеме питьевой воды уменьшается. Рост городов, увеличение численности населения, бурное развитие промышленности приводит к значительному водопотреблению, в связи с чем уже невозможно ограничиться использованием в качестве источника водоснабжения лишь подземных вод. В настоящее время из общего количества воды, подаваемой в города и села, около 90 % берется из поверхностных источников.

Наиболее подходящими источниками питьевой воды небольших населенных пунктов являются подземные воды, которые считаются водами хорошего качества, удовлетворяющего по всем показателям требованиям водоснабжения, если они преимущественно гидрокарбонатного типа классов $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ и $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ [1]. В анионно-катионном выражении они могут иметь следующий состав: гидрокарбонатный кальциево-магниевый, гидрокарбонатно-натриевый, гидрокарбонат-

но-сульфатный кальциево-магниевый, гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый. Беларусь расположена в зоне, где природным фоном являются гидрокарбонатно-кальциевые подземные воды и формирование другого класса вод свидетельствует о их загрязнении.

В сельских районах главными причинами неудовлетворительного качества воды являются ее бактериологическое и другие виды биологических загрязнений, однако в последнее время очень серьезные проблемы возникают в результате химического загрязнения водных источников.

Т а б л и ц а 1

Средний химический состав колодезных вод Беларуси, мг/л

Показатели	Регион								
	Полесский, n = 21			Центральный, n = 6			Поозерный, n = 5		
	\bar{x}	σ	m	\bar{x}	σ	m	\bar{x}	σ	m
Перманганатная окисляемость, мг O_2 /л	2,4	1,3	0,3	1,5	1,3	0,5	1,6	1,6	0,7
Жесткость, мг-экв/л	3,5	1,4	0,3	3,6	0,9	0,3	5,1	2,6	1,2
K^+	72,5*	56,7	12,4	50,6*	50,2	20,5	75,0*	64,2	28,8
Na^+	72,8	61,4	13,4	81,2	80,2	32,7	61,6	45,3	20,2
Ca^{2+}	50,0	20,6	4,5	50,0	16,4	6,7	49,5	17,1	7,6
Mg^{2+}	14,7	6,5	1,4	13,6	5,0	2,1	32,2	25,4	11,3
NH_4^+	1,3	1,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,7	0,9	0,4
Fe^{3+}	0,06	0,1	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05	0,02
Fe^{2+}	0,04	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Cl^-	91,1	54,3	11,8	140,2	126,0	51,4	86,7	68,3	30,5
SO_4^{2-}	97,4	81,8	17,9	111,0	44,4	18,1	76,6	26,1	11,7
NO_2^-	0,07	0,08	0,02	0,08*	0,09	0,03	0,05	0,05	0,02
NO_3^-	30,5	20,4	4,4	25,7	18,7	7,7	27,1	13,9	6,2
HCO_3^-	217,0	93,1	20,3	184,4	81,4	33,2	325,9	147,2	65,8
PO_4^{3-}	0,32	0,65	0,14	0,07	0,05	0,02	0,03	0,04	0,02
Плотный остаток	809,0	683,5	367,4	1127,0*	838,8	34,2	789,7	319,3	14,2
Минеральный остаток	340,0	191,7	41,8	413,0	260,3	13,0	311,0	195,4	87,4
Σ ионов	647,9	260,4	56,8	666,3	308,8	12,6	745,6	317,2	14,3

П р и м е ч а н и е: Здесь и в последующих таблицах *—превышение ПДК.

В течение длительного времени нами изучался химический состав колодезных вод. Было отобрано 32 образца вод на 22 объектах, из них 21 образец—на территории Полесья, 5 в Поозерья и 6 в Центральной Беларуси (табл. 1). Колодезные воды Полесья — гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, Поозерья — гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые и Центральной Беларуси—гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные (классификация О. А. Алекина [2]). Большинство изучаемых колодезных вод Беларуси имеют превышение ПДК по содержанию калия. Обычно в подземных водах количество ионов калия колеблется от миллиграммов

до граммов в 1 л, что определяется составом водовмещающих пород, глубиной залегания подземных вод и другими условиями гидрогеологической обстановки. Различные растворимые соединения калия образуются также в результате биологических процессов, протекающих в коре выветривания и почвах. Калий обычно сорбируется на высокодисперсных частицах почв, пород, донных отложений и задерживается растениями в процессе их развития и роста. Это приводит к меньшей подвижности калия по сравнению с натрием, поэтому калий находится в природных водах, особенно поверхностных, в более низкой концентрации, чем натрий. В природные воды калий поступает также с хозяйственно-бытовыми, промышленными сточными водами, а также с орошаемых полей и поверхностным водным стоком с сельскохозяйственных угодий. По данным [3], хозяйственно-бытовые стоки вызывают в подземных водах возрастание калия до 20 % и хлористого натрия до 10—15 %.

В Беларуси, где находится крупное Солигорское месторождение калийных солей, в подземных водах концентрируется значительное количество ионов калия. К тому же внесение калийных удобрений на поля способствует повышению концентрации калия в грунтовых и подземных водах, так как не весь калий поглощается вегетирующими растениями и сорбируется почвой. По нашим данным [4, 5], содержание иона калия в поверхностных и почвенно-грунтовых водах Беларуси составляет от 1,5 до 31,6 мг/л, следовательно, в колодезные воды калий поступает в основном за счет антропогенного воздействия.

В колодезных водах Центральной Беларуси наблюдается превышение ПДК по плотному остатку, что может придавать питьевым водам характерный привкус и отрицательно сказываться на работе желудочно-кишечного тракта у людей [6].

Воды Поозерья отличаются повышенной жесткостью в основном за счет ионов магния, наличие которых в колодезных водах Полесья превышает норму в 2,4, а в Центральной Беларуси в 2,2 раза. Содержание иона магния в питьевых водах более чем 30 мг/л вызывает повышенную жесткость, неприятный привкус, раздражение желудочно-кишечного тракта. При жесткости свыше 2 мг-экв/л образуется чрезмерная накипь на посуде. В поверхностных и почвенно-грунтовых водах Поозерья магния также значительно больше, чем в других зонах Беларуси, что связано, очевидно, с преобладанием там минеральных почв, в основном моренных суглинков, обогащенных карбонатами [7].

Воды Полесья насыщены фосфатами. Их содержание в колодезных водах в 4,6 раза выше, чем в Центральной Беларуси, и в 10 раз выше, чем в Поозерья. Сравнивая количество фосфатов в поверхностных и почвенно-грунтовых водах Беларуси, составляющих 0,01—0,07 мг/л (попадают из почвы, сточных вод или из органических соединений при их разложении), можно сделать вывод, что повышенное содержание фосфатов в колодезных водах Беларуси так же, как и калия, свидетельствует об их антропогенном происхождении. Загрязнение природных вод фосфатами связано с применением фосфорных удобрений, особенно на Полесье, где проведена широкомасштабная мелиорация с целью сельскохозяйственного использования осушенных почв, а также с использованием полифосфатов как моющих средств, флотореагентов и умягчителей воды. Органические и минеральные соединения фосфатов образуются при биологической переработке остатков животных и растительных организмов, а также в процессе биологической очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод.

Воды Полесья характеризуются высоким содержанием аммонийной формы азота, что, очевидно, связано с повышением процессов бактериального разложения органических веществ при их осушении и освоении торфяных почв, преобладающих в этом регионе, а также применением аммиачной воды в качестве удобрения (в настоящее время это запрещено).

По содержанию других химических элементов колодезные воды Беларуси близки между собой (см. рис. 1).

В связи с широкомасштабной осушительной мелиорацией, проводи-

мой в Беларуси, изменился водный баланс, гидрологический и водно-воздушный режимы, направление почвообразовательных процессов с разложением органического вещества осушаемых торфяных почв и интенсивным выносом химических элементов из верхней толщи почв в воды. Вода с осушенных болот имеет повышенную минерализацию. В речную сеть и водохранилища выносятся ионы закисного железа, марганца, фосфора, нитратов и нитритов, которые накапливались в торфяной залежи. К тому же дальнейшее сельскохозяйственное использование осушенных территорий делает их источником поступления азота и фосфора в поверхностные, а затем и подземные воды. Применение минеральных удобрений является одной из причин увеличения содержания азота и фосфора в водных объектах, куда удобрения поступают с поверхностным стоком с неорошаемых водосборов и коллекторными водами, сбрасываемыми с орошаемых территорий. На вынос азота и фосфора в воды влияют количество внесенных удобрений, их химический состав, объем сброшенной воды, вид возделываемой культуры, механический состав почвы, близость животноводческих ферм и др.

Т а б л и ц а 2

Влияние удаленности от мелиоративных объектов
на химический состав колодезных вод, мг/л

Показатели	Место отбора проб			
	Удаленность от мелиоративного объекта, км			
	д. Клепачи Пружанского р-на		д. Смолевичи Смолевичского р-на	
	1,8	0,2	2,2	0,18
Перманганатная окисляемость, мг O_2 /л	1,20	1,74	2,40	3,68
Жесткость, мг-экв/л	3,09	4,17	4,25	5,04
K^+	59,05*	106,12*	2,05	49,07*
Na^+	60,00	91,50	78,12	235,37*
Ca^{2+}	51,50	54,61	69,14	70,74
Mg^{2+}	6,14	17,55	9,75	18,37
NH_4^+	0,82	2,40*	0,75	0,86
Fe^{3+}	0,02	0,03	0,02	0,01
Fe^{2+}	0,02	0,03	0,02	0,01
Cl^-	68,27	100,75	79,95	300,26*
SO_4^{2-}	130,03	250,80	155,55	167,48
NO_2^-	0,06	0,12*	0,01	0,25*
NO_3^-	4,65	49,37*	1,40	2,80
HCO_3^-	200,37	127,57	183,00	287,92
PO_4^{3-}	1,04	2,00	0,11	0,15
Плотный остаток	696,00	1192,00*	1263,00*	2261,00*
Минеральный остаток	360,00	601,00	664,00	621,00
Σ ионов	573,39	802,85	579,87	1133,29

Нами изучалось влияние удаленности колодцев от мелиорированных почв на химический состав вод в Пружанском и Смолевичском районах. В д. Клепачи Пружанского района в течение трех лет пробы отбирались в центре деревни и на окраине непосредственно у большого массива осушенных торфяных почв (табл. 2). Исследованиями установлено, что колодезные воды у мелиоративного объекта значительно загрязнены. В них было выявлено превышение ПДК по содержанию плотного остатка,

нитратов, нитритов, аммония, калия. Все это негативно сказывается на здоровье человека, так как превышение ПДК только по одному показателю может вызвать определенные заболевания. Особое беспокойство вызывают повышенные концентрации всех форм азота. Имеются данные о том, что нитраты вредно влияют на здоровье детей, особенно раннего возраста, если концентрация их в воде превышает 45 мг/л, поскольку после восстановления в нитриты, количество которых в данном колодце также превышает ПДК, они могут вызвать развитие метгемоглобинемии [8].

Колодезные воды у мелиоративного объекта сульфатно-гидрокарбонатно-калиевые, в центре деревни— гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, умеренно жесткие. Колодезные воды у мелиоративного объекта по сравнению с колодезными водами в центре деревни содержат нитратов в 10,6, аммония в 2,9, нитритов в 2, сульфатов и фосфатов в 1,9, калия в 1,8, плотного и минерального остатков в 1,7, хлоридов и натрия в 1,5 раза больше. При содержании сульфатов свыше 200 мг/л у человека появляется раздражение желудочно-кишечного тракта, особенно когда сульфаты сочетаются с магнием или натрием.

В Смоленвичском районе пробы колодезных вод отбирались также в центре деревни и у мелиоративного объекта (см. табл. 2). Анализы проб свидетельствуют о значительном загрязнении последних. Установлено превышение ПДК по 5 показателям: плотному остатку, калию, натрию, хлоридам, нитритам, в колодезных водах, отобранных в центре деревни— только по плотному остатку. Воды у мелиоративного объекта— хлоридно-гидрокарбонатно-натриевые, умеренно-жесткие (классификация О. А. Алескина), в центре деревни— гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, умеренно жесткие. Содержание нитритов и калия в колодезных водах у мелиоративного объекта в 24 раза выше, чем в центре деревни, хлоридов в 3,8, натрия в 3, нитратов в 2, плотного остатка в 1,8, фосфатов в 1,4 раза. При содержании хлоридов свыше 200 мг/л вода приобретает определенный привкус и вызывает коррозию металлов.

По мере давности осушения мелиорированных ландшафтов отмечается прогрессирующее загрязнение колодезных вод. Так, на Полесской опытной мелиоративной станции (Лунинецкий район) за 9 лет наблюдений (с 1979 по 1988 г.) в колодезных водах содержание нитратов и натрия увеличилось в 11,7 раз, иона калия в 12,3, сульфатов в 5,6, аммония в 4,4, нитритов в 4,0, хлоридов в 3,8, плотного остатка в 2,8, минерального остатка в 2,6, закисного железа и минерализации (по сумме ионов) в 2 раза (табл. 3). Аналогичные изменения и колодезных

Т а б л и ц а 3

Влияние сроков освоения мелиорированных территорий на химический состав колодезных вод, мг/л

Показатели	Отбор проб в летнюю межень						
	Полесская опытная мелиоративная станция				д. Сосны Любанского района		
	1979 г.	1984 г.	1987 г.	1988 г.	1978 г.	1991 г.	1992 г.
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /л	3,68	4,45	4,96	4,84	1,34	1,66	3,04
Жесткость, мг-экв/л	2,60	3,71	1,96	2,21	6,80	1,72	4,40
K ⁺	7,20	35,00	87,08*	88,30*	14,51	54,44*	55,45*
Na ⁺	11,50	36,75	85,04	135,20	37,50	88,22	250,00*
Ca ²⁺	50,10	57,31	35,67	40,08	112,22	26,85	61,32
Mg ²⁺	1,21	1,33	2,19	2,55	14,58	4,62	16,28
NH ₄ ⁺	0,93	1,58	4,07*	4,12*	0,82	1,98	2,28*
Fe ³⁺	0,11	0,11	0,16	0,21	0,05	0,13	0,15
Fe ²⁺	0,10	0,14	0,10	0,14	0,04	0,12	0,12
Cl ⁻	36,80	45,28	52,42	134,71	24,90	67,05	189,90
SO ₄ ²⁻	56,79	65,00	76,54	317,26	33,75	36,17	129,65
NO ₂	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,02	0,07
NO ₃	4,00	4,24	6,70	46,85*	18,0	22,30	45,05*
HCO ₃ ⁻	207,42	192,73	82,96	23,18	331,84	157,33	63,44
PO ₄	0,03	0,06	0,06	0,07	0,03	0,04	0,12*
Плотный остаток	365,00	552,00	1018,0*	1042,0*	246,00	950,00	1438,00*
Минеральный остаток	153,00	287,00	373,00	392,00	143,00	234,00	432,00
Σ ионов	392,89	421,86	433,02	792,71	588,27	459,32	814,83

вод, отобранных в д. Сосны Любанского района, где за 14 лет исследований (с 1978 по 1992 г.) количество хлоридов возросло в 7,6 раза, ионов натрия в 6,7, содержание плотного остатка в 5,8, фосфатов и калия в 4,0, сульфатов в 3,8, нитритов в 3,5, железа в 3,0, аммония в 2,8, нитратов в 2,5, минерализация в 1,4 раза.

В начале исследований колодезные воды как Полесской опытной мелиоративной станции, так и воды, отобранные в д. Сосны, имели природный гидрокарбонатно-кальциевый состав. С годами состав колодезных вод ПОМС изменился и стал сульфатно-натриево-хлоридный, а колодезных вод д. Сосны—натриево-хлоридно-сульфатный (классификация О. А. Алекина), что не характерно для питьевых вод и свидетельствует об их загрязнении. К тому же воды ПОМС, отобранные в 1988 г., превышают ПДК по 4 показателям: калию, аммонии, нитратам и плотному остатку, а воды, отобранные в 1992 г. в д. Сосны, по 6 показателям: калию, натрию, аммонии, нитратам, фосфатам и плотному остатку, что очень вредно для здоровья людей, употребляющих эту питьевую воду.

В [8] отмечается, что повышенная минерализация питьевой воды может неблагоприятно отразиться на различных функциях организма, в том числе и на состоянии желудочно-кишечного тракта. Так, увеличение в воде содержания сульфат-иона приводит к угнетению секреторной функции желудка, к увеличению заболеваемости раком желудка может привести повышенная жесткость и нарушение минерализации воды.

В 29 пробах колодезных вод из 32 отмечается превышение ПДК: по содержанию калия в 20, по нитратам в 13, по плотному остатку в 12, по содержанию аммония в 9, по железу в 6.

Наибольшее загрязнение колодезных вод отмечается на Полесье, где преобладают мелиорированные торфяные почвы. Так, в д. Борки Житковичского района воды имеют превышение ПДК по 7 показателям: плотному остатку, калию, натрию, железу, нитратам, нитритам, фосфатам; в д. Клепачи Пружанского района (мелиоративный объект «Верховье р. Ясельды») превышение ПДК по 6 показателям: плотному остатку, калию, аммонии, нитратам, нитритам, фосфатам; воды Полесской опытной мелиоративной станции имеют превышение ПДК по 5 показателям: плотному остатку, калию, сульфатам, нитратам, аммонии.

На трех объектах нами выявлено превышение ПДК по 4 показателям, на 13—по 3 показателям, на 5—по двум, на 4—по одному показателю.

Очевидно, что необходимы мероприятия по снижению загрязнения природных вод, которые смогут привести к восстановлению первоначального качества воды. Однако изменения в геохимических процессах, происходящие в результате воздействия человека на водосборную площадь, очень значительны и не скоро могут быть приостановлены, не говоря уже об улучшении существующего положения. Поэтому наряду с мерами по уменьшению загрязнения непосредственно водных объектов необходимо разрабатывать научно обоснованные природоохранные мероприятия в целом, направленные на сохранение окружающей среды, в том числе и природных вод.

1. П и т ь е в а К. Е. Гидрогеохимия. М., 1988.
2. А л е к и н О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970.
3. К у п р и я н о в В. В., С к а к а л ь с к и й Б. Г. // Водные ресурсы. 1983. № 2. С. 172.
4. З а й к о С. М. и др. Эволюция почв мелиорируемых территорий Белоруссии. Мн., 1990. С. 287.
5. З а й к о С. М., Л о б а ч Т. Я. // Вест. Белорус. ун-та. Сер. 2. № 3. 1981. С. 65.
6. Международные стандарты питьевой воды. 3-е изд. Женева, 1973. С. 78.
7. Белорусское Поозерье: анализ эколого-мелиоративного состояния. Мн., 1992. С. 156.
8. С т р у с е в и ч Е. А., Б у д е е в И. А., Г у ж о в В. К., Я к о в е н к о Б. В. Минеральный состав питьевой воды и здоровье населения. Новосибирск, 1985. С. 47.