

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ в источниках нецентрализованного водоснабжения на территории **ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

Изучен химический состав воды в источниках нецентрализованного питьевого водоснабжения сельских поселений на территории промышленного региона. Дана оценка соответствия санитарно-гигиеническим требованиям показателей качества воды в исследуемых источниках водоснабжения. Выявлено, что основными техногенными загрязнителями грунтовых вод, используемых для нецентрализованного питьевого водоснабжения на исследуемой территории, являются соединения азота и ионы свинца.

никах, используемых для нецентрализованного питьевого водоснабжения.

Целью проводимых исследований являлась оценка соответствия санитарно-гигиеническим требованиям показателей качества воды в источниках нецентрализованного водоснабжения на рассматриваемой территории. Кроме того, задачи исследования включали оценку санитарно-технического состояния существующих водозаборных сооружений и определение наиболее значимых факторов формирования состава грунтовых вод с повышенными или близкими к ПДК нормируемыми примесями.

Введение

Работа посвящена изучению химического состава грунтовых вод, используемых для нецентрализованного водоснабжения сельских поселений Вологодской области, расположенных в зоне техногенного воздействия предприятий Череповецкого промышленного комплекса, включающего производства металлургической, химической, энергетической и других отраслей. Возрастающая техногенная нагрузка на территории этого промышленного региона вызывает загрязнение природной среды по всем ее компонентам. Обобщение и анализ информации [1, 2] показали, что вода поверхностных водных объектов на территории района по качественному составу относится, в основном, к 3 (загрязненная) и 4 (грязная) классам. Качество грунтовых вод в районе Череповецкого промышленного узла по данным лабораторного контроля проб воды, отбираемых из скважин ведомственной наблюдательной сети предприятий промышленного комплекса, не соответствует гигиеническим требованиям на протяжении ряда лет [3, 4]. Это определяет актуальность задачи оценки качества грунтовых вод в источ-

А.И. Фоменко*,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной экологии, ГОУ ВПО Череповецкий государственный университет

Материалы и методы исследования

Методы исследований включали инвентаризацию источников нецентрализованного водоснабжения общего и индивидуального пользования на территории сельских поселений района, отбор проб воды из каждого учтенного в процессе инвентаризации источника и их анализ по санитарно-химическим показателям качества. Для выяснения влияния техногенных факторов на химический состав воды в источниках водоснабжения проводили отбор проб депонирующих загрязнения сопряженных сред (почвы, снежного покрова) и анализ их состава.

Инвентаризация источников нецентрализованного водоснабжения включала определение их соответствия требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 [5] к устройству и оборудованию водозаборных сооружений, выбору местоположения. Аналитические исследования состава проб грунтовых вод, отобранных из источников нецентрализованного водоснабжения на рассматриваемой

* Адрес для корреспонденции: fomenko@chsu.ru

территории, и проб сопряженных сред (почвы, снежного покрова) выполнены по нормативным методикам и в соответствии с методическими рекомендациями [6, 7] с использованием гравиметрического, спектрофотометрического, титриметрического, потенциометрического, турбидиметрического, меркуриметрического, флуориметрического, вольтамперометрического методов анализа. Спектрофотометрические измерения проведены на спектрофотометре КФК-3, средняя погрешность измерений не превышала $\pm 0,0005$ %. Потенциометрические измерения проведены с использованием иономера И-130М, суммарная погрешность метода была в пределах $\pm 0,005$ %. Флуориметрические измерения выполнены на анализаторе жидкости «Флюорат-02», средняя погрешность измерений не превышала $\pm 0,05$ %. Вольтамперометрический анализ выполнен с использованием анализатора «Полярограф АВС-1.1» со встроенным электрохимическим датчиком «Модуль ЕМ-04» и компьютерной программой AVS, средняя погрешность измерений не превышала $\pm 0,05$ %.

Отобранные из учтенных в процессе инвентаризации источников пробы грунтовых вод (165 исследований) были проанализированы по 40 показателям химического состава и обобщенным показателям качества (цветность, мутность, прозрачность, водородный показатель рН, солесодержание, перманганатная окисляемость, жесткость, щелочность, растворенный кислород, БПК₅, ХПК, массовое содержание ионов кальция и магния, ионов натрия и калия, ионов аммония, нитрат- и нитрит-ионов, фторид-, сульфат-, хлорид-, фосфат-ионов, ионов алюминия, бора, железа общего (Fe^{2+} , Fe^{3+}), марганца, хрома общего (Cr^{3+} , Cr^{6+}), меди, кадмия,

свинца, цинка и ртути, анионных поверхностно-активных веществ, фенолов, формальдегида, нефтепродуктов. Перечень определяемых показателей включал химические вещества, наиболее часто встречающиеся в природных водах, а также вещества техногенного происхождения, получившие распространение на исследуемой территории. Данные результатов количественного химического анализа исследованных проб воды проанализированы по санитарно-химическим показателям качества на соответствие их требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 [5].

Пробы почвы и снежного покрова были отобраны на расстоянии от водозаборных сооружений в пределах 1,0 – 2,0 м. Отбор проб почвы был проведен методом «конверта». Пробы снега были отобраны на всю глубину снежного покрова.

Отобранные пробы почвы были проанализированы по 35 показателям, включающим содержание азота аммонийного, нитратного и нитритного, фосфатов, сульфатов, хлоридов, ионов фтора, валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Fe общее, Mn , Cr общий, Cu вал, Cd вал, Pb вал, Zn вал, Cu подв, Cd подв, Pb подв, Zn подв, Hg), нефтепродуктов. Во всех отобранных пробах определяли тип почвы, рН водной вытяжки и рН солевой суспензии, гидролитическую кислотность и общую щелочность HCO_3^- , емкость катионного обмена. Определение качества талой воды снежного покрова проводили по всем 40 анализируемым для грунтовых вод показателям.

В ходе исследований влияние техногенных факторов на формирование химического состава воды с повышенными или близкими к ПДК нормируемыми токсичными примесями устанавливали расчетом коэффициента корреляции между содержанием компонен-



тов в грунтовых водах, в почве и в талых водах снежного покрова. Значения величины коэффициента корреляции, близкие к 1, давали основание предположить функциональную связь между величинами массовой концентрации определяемого компонента в грунтовых водах и в сопряженных средах (почве, снежном покрове). Выявленные в ходе анализа малые значения коэффициента корреляции служили основанием для заключения об отсутствии эффектов взаимодействия между факторами, положенными в основу исследования.

Результаты и их обсуждение

Результаты инвентаризации и количественного химического анализа состава проб воды и проб сопряженных сред обобщены и систематизированы по территории района согласно гидрологическому делению и по географическим направлениям с учетом розы ветров относительно промышленной зоны г. Череповец (рис. 1).

По гидрологическому делению в пределах административных границ Череповецкого района выделяют центральную, западную и восточную части. Центральная часть района расположена в северо-восточном, северном и северо-западном географических направлениях относительно г. Череповец. Западная часть района включает территорию западного и юго-западного географических направлений. Восточная часть района расположена в юго-восточном и восточном географических направлениях.

На рассматриваемой территории сельских поселений района основным источником питьевого водоснабжения являются шахтные колодцы, копирующие грунтовые воды. Их доля составляет более 90 % от общего числа учтенных нами в процессе инвентаризации водозаборов. Данные инвентаризации показали, что водозаборные сооружения источников нецентрализованного водоснабжения общего и индивидуального пользования на рассматриваемой территории большей частью не соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 к устройству и оборудованию и выбору местоположения. Колодцы, в основном, расположены на незначительном расстоянии от проезжей части дороги. В ряде сельских поселений колодцы находятся в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии.

Анализ полученных данных химического состава исследованных проб воды показал, что для грунтовых вод в пределах рассматриваемой территории характерен комплекс

однотипных гидрогеохимических свойств. По величине водородного показателя рН все исследованные пробы воды относятся к нейтральным и слабощелочным. Значение рН изменялось в диапазоне от 6,53 до 8,08. Содержание растворенного кислорода находилось в пределах от 4,2 до 10,5 мг О₂/дм³. Вода в большинстве точек пробоотбора по содержанию макроэлементов относится к гидрокарбонатной магниевно-кальциевой. Изменение соотношений между содержанием ионов натрия и кальция в анализируемых водах не превышало единицу. Все исследованные пробы воды из учтенных нами водозаборов относятся к слабоминерализованным с солесодержанием до 1000 мг/дм³.

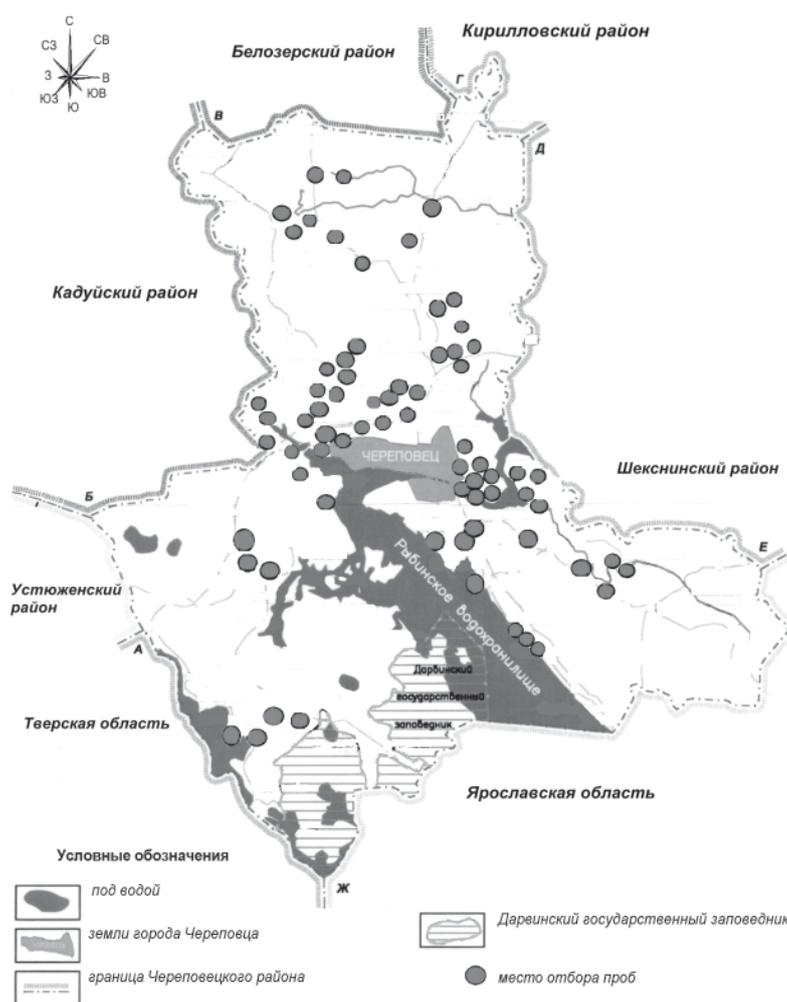


Рис. 1. Карта-схема Череповецкого района с указанием места отбора проб воды из источников нецентрализованного водоснабжения на территории сельских поселений.

Описание границ смежных землепользований

- От А до Б – земли Устюженского района Вологодской области
- От Б до В – земли Кадуйского района Вологодской области
- От В до Г – земли Белозерского района Вологодской области
- От Г до Д – земли Кирилловского района Вологодской области
- От Д до Е – земли Шекснинского района Вологодской области
- От Е до Ж – земли Ярославской области
- От Ж до А – земли Тверской области

Таблица 1

Среднее содержание ряда биологически активных компонентов в исследованных пробах воды

Определяемый показатель	Диапазон измерения	Санитарно-гигиенический норматив показателя	Исследуемая часть района								
			центральная			западная			восточная		
			Значение величины показателя, мг /дм ³								
			среднее	мини-мальное	макси-мальное	среднее	мини-мальное	макси-мальное	среднее	мини-мальное	макси-мальное
Ca ²⁺	1,0-100,0	не нормируется	79,3	29,9	149,3*	41,4	20,0	76,7	94,4	39,0	143,0*
Mg ²⁺	1,0-100,0	не более 500	31,5	9,7	76,5	24,5	4,7	36,5	32,9	1,2	57,6
Na ⁺	3,0-500	не более 500	15,6	3,4	63,3	19,3	11,2	41,9	27,5	11,2	47,0
K ⁺	0,5-500	не нормируется	6,8	0,6	51,4	18,0	1,6	39,0	3,6	1,0	13,1
F ⁻	0,1-23	не более 1,5	0,12	<	0,30	0,1**	<	<	0,17	0,1**	0,28

Примечание: * - Значения величины выше предела обнаружения определены методом разбавления аликвоты анализируемой пробы; ** - значения величины ниже предела обнаружения.

При этом на территории района широко распространены маломинерализованные воды (< 500 мг/дм³) с показателем жесткости значительно ниже нормативного (в 32,4 % опробованных источников). Содержание аниогенных элементов не превышало гигиенический норматив. Концентрация сульфатов установлена в пределах от 10,3 до 81,4 мг/дм³, хлоридов – в диапазоне 3,7 – 66,8 мг/дм³. Содержания бора, мышьяка, фтора в концентрациях, превышающих ПДК в питьевой воде, в исследованных пробах не установлено. Во всех опробованных источниках содержание бора находится в диапазоне от 0,1 до 0,5 ПДК. Содержание мышьяка в пределах 0,08 – 0,37 ПДК выявили в 10 % опробованных источников. Для остальных источников присут-

ствие этого компонента не установлено. Концентрация ионов фтора не превышала 0,3 мг/дм³, что значительно меньше нормируемого нижнего предела (0,7 мг/дм³). Среднее содержание ряда биологически активных компонентов в исследованных пробах воды приведено в *табл. 1*.

По ряду показателей на территории района проявляется гидрохимическая зональность (*табл. 2*).

В пределах западной части района наблюдаются более высокие средние значения показателей цветности, перманганатной окисляемости. Для этой части района характерны наиболее низкие показатели общей жесткости, солесодержания, концентрации ионов фтора.



Таблица 2

Обобщенные показатели качества исследованных проб воды

Определяемый показатель	Единица измерения	Диапазон измерения	Санитарно-гигиенический норматив показателя	Исследуемая часть района								
				центральная			западная			восточная		
				Значение величины показателя								
				среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное
Цветность	градус	1-70	не более 30	19	<	116*	45	14	89	26	3	75*
Мутность	ЕМ/дм ³	1-50	в пределах 2,6-3,5	2,2	<	16,7	5,6	1,6	21,7	7,3	1,6	24,5
Водородный показатель (рН)	ед. рН	1,0-14,0	в пределах 6,0-9,0	7,17	6,54	7,75	7,05	6,53	8,08	7,3	6,86	7,55
Жесткость	ммоль/дм ³	0,1-8,0	в пределах 7-10	7,6	4,0	11,4*	3,9	2,4	6,4	7,4	2,0	11,5*
Солесодержание	мг/дм ³	10-25000	в пределах 1000-1500	543	230	889	280	128	566	468	190	812
Перманганатная окисляемость	мг/дм ³	0,1-50	в пределах 5-7	2,9	1,2	11,8	7,5	1,2	13,5	3,0	1,4	6,7

Примечание: * - Значения величины выше предела обнаружения определены методом разбавления аликвоты анализируемой пробы.

Таблица 3

Содержание токсичных компонентов в исследованных пробах воды

Определяемый показатель	Диапазон измерения	Санитарно-гигиенический норматив показателя	Исследуемая часть района								
			центральная			западная			восточная		
			Значение величины показателя, мг/дм ³								
			среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное
NO ₃ ⁻	2,0-100	не более 45	28,5	1,6	110,4*	56,5	4,7	155,0*	8,4	2,0	25,3
NO ₂ ⁻	0,02-0,3	не более 3,0	0,11	<	0,85	0,08	<	0,17	0,13	<	0,60
NH ₄ ⁺	0,05-4,0	не более 1,5	1,3	<	5,4*	0,37	<	1,29	2,97	<	12,60*
Al ³⁺	0,01-5,0	не более 0,2	0,18	0,17	1,04	0,65	0,36	0,94	0,52	0,20	1,23
Fe _{общ}	0,05-2,0	не более 0,3	0,28	<	0,84	0,25	<	0,75	0,24	<	0,79
Mn ²⁺	0,05-1,5	не более 0,1	0,040	<	0,747	0,075	<	0,26	0,217	<	0,750
Zn ²⁺	0,01-0,5	не более 5,0	0,169	<	2,580	0,106	0,029	0,470	0,018	<	0,224
Cu ²⁺	0,001-0,3	не более 1,0	0,003	<	0,028	0,005	<	0,038	0,003	<	0,018
Pb ²⁺	0,0003-0,2	не более 0,03	0,022	<	0,069	0,007	<	0,038	0,018	<	0,095

Примечание: * - Значения величины выше предела обнаружения определены методом разбавления аликвоты анализируемой пробы; ** - значения величины ниже предела обнаружения

Функциональные территории района по уровню содержания ионных форм токсичных компонентов в грунтовых водах в целом слабо дифференцированы (табл. 3).

Повышенным уровнем загрязнения почвы и снежного покрова характеризуются территории сельских поселений, расположенных относительно промышленной зоны г. Череповец практически по всем направлениям розы ветров. Наиболее существенными и характерными загрязнениями почвы на территории сельских поселений являются нитраты. Загрязнение нефтепродуктами наиболее характерно для проб почвы, отобранных на территории сельских поселений, расположенных в северо-восточном, северном и восточном направлениях относительно промышленной зоны г. Череповец. Из анализируемых тяжелых металлов превышение нормативных требований по величине ПДКп установлено для ионов цинка, ртути, марганца, свинца. Средние значения их содержания в почве изменяются для различных направлений в значительных пределах. При исследованиях загрязнения снежного покрова выявлено, что приоритетными загрязнениями на территории всех населенных пунктов являются железо общее, нефтепродукты и соединения свинца. Частота встречаемости их концентраций, превышающих ПДК, составила более 75 %. В исследованных пробах грунтовых вод содержания ионов ртути не обнаружено, концентрации ионов цинка и нефтепродуктов не превышали гигиенический норматив.

Согласно проведенным расчетам из числа характерных загрязняющих веществ сильные корреляционные зависимости установлены по показателю содержания соединений азота в грунтовых водах и в почве. Коэффициент корреляции определяется величиной 0,88. Коэффициент корреляции 0,75 установлен по показателю концентрации ионов свинца в грунтовых водах в зависимости от его содержания в пробах талой воды снежного покрова. Эти значения корреляционного отношения показывают, что формирование состава грунтовых вод по этим показателям обусловлено, преимущественно, влиянием техногенного фактора. Превышение ПДК выявлено в 45 % опробованных источников.

По содержанию ионов марганца и ионов железа общего в анализируемых средах однозначно определяемой характерной зависимости не установлено. Зависимость содержания ионов железа общего и ионов марганца в грунтовых водах от их содержания в пробах талой воды снежного покрова оценивается коэффициентами корреляции 0,38 и

Ключевые слова:

вода питьевая,
качество
грунтовых вод,
источники
нецентрализованного
водоснабжения,
санитарно-
гигиенические
нормативы,
зона техногенного
загрязнения

0,32, соответственно. Полученный результат позволяет сделать вывод, что техногенный фактор является значимым в формировании состава грунтовых вод и в определении несоответствия концентрации данных ионов нормативным требованиям в водах населенных пунктов сельских поселений в пределах рассматриваемой территории, однако он не является основной причиной, определяющей увеличение концентрации этих ионов в грунтовых водах. Его доля в изменении функции составляет $0,382 = 0,14$ и $0,322 = 0,10$, соответственно. Остальной эффект обусловлен влиянием других факторов, в частности взаимодействием грунтовых вод с компонентами геологической среды, их тесной связью с болотными водами.

Наличие техногенного фактора в формировании состава грунтовых вод с высокими относительно ПДК показателями цветности (в 28,2 % опробованных источников), мутности (в 36,6 % источников) и ионов алюминия (в 88,7 % источников) на исследуемой территории не установлено. В формировании состава грунтовых вод исследуемой территории, не соответствующих по этим показателям требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02, определяющими являются, в основном, природные факторы.

Заключение

На основании данных санитарного обследования источников водоснабжения, устройств и оборудования водозаборных сооружений, а также экспериментальных исследований показателей качества анализируемых сред установлено, что в пределах рассматриваемой территории формирование грунтовых вод с повышенными



содержаниями токсичных нормируемых примесей нельзя рассматривать только как результат их техногенного загрязнения. В современных условиях хозяйственного освоения территории основные существующие проблемы гигиены водопользования являются результатом сочетания естественных геохимических процессов с техногенными процессами и недостаточной санитарной надежностью существующих водозаборных сооружений.

Установлено, что основными показателями, характеризующими региональные особенности отклонений от гигиенических нормативов качества воды в источниках нецентрализованного питьевого водоснабжения сельских поселений на территории района, являются цветность, мутность, жесткость, высокие относительно ПДК концентрации ионов алюминия, железа общего, марганца, значительно менее нормируемого нижнего предела концентрации ионов фтора.

Определено, что в пределах территории района техногенные гидрохимические провинции формируются, в основном, по повышенным содержаниям соединений азота (нитрат-ионов и ионов аммония) и ионов свинца.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы» по ГК № П793.

Литература

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2008 году / Правительство Вологодской области, департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда, 2009. 232 с
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2009 году / Правительство Вологодской области, департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда, 2010. 236 с
3. Оперативный доклад о состоянии и охране окружающей среды Вологодской области в 2007 году / Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Вологодской области. Вологда, 2008. 64 с.
4. Алексеев В.С. Совершенствование и развитие водного хозяйства региона / В.С. Алексеев, С.Н. Ильин, С.Н. Куранов и др. Вологда: ООО ПФ «Полиграфист», 2001. 208 с.
5. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 32 с.
6. Унифицированные методы анализа: 2 изд., испр. / Под ред. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.
7. Методика определения концентраций ионов с помощью ионселективных электродов «ЭКОМ». М.: Эконикс, 1993. 74 с.



A.I. Fomenko

WATER QUALITY OF UNCENTRALIZED DRINKING WATER IN INDUSTRIAL REGION AREA

The structure of the water in the sources of uncentralized drinking water supply in rural settlements in the area of industrial region has been studied. The assessment of compliance of water quality rates in the sources of water supply with the hygiene and

sanitary requirements was given. The main anthropogenic pollutants of ground waters used for uncentralized drinking water supply in the area under consideration are nitrogen compounds and lead ions.

Key words: drinking water; ground waters quality; sources of uncentralized water supply; hygiene and sanitary standards; zone of anthropogenic pollution

