

УДК 556.314(571.12)

АНАЛИЗ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ГОРОДА ТЮМЕНИ

^{1,2}Жиляков Е.В., ¹Монахова З.Н., ¹Гузеева С.А., ¹Брюханова Р.Я., ¹Томус И.Ю.

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства образования России, Тюмень, e-mail: tyuiu.ru;

²ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень, e-mail: tyumsmu.ru

Данные ежегодного мониторинга состояния водных объектов, осуществляемого Департаментом недропользования и экологии Тюменской области, констатируют, что в целом в Тюменской области в 2017 г. из общего количества отобранных проб воды источников хозяйственно-питьевого водоснабжения более половины (54,4%) не соответствовали нормативным значениям по санитарно-токсикологическим показателям. Эти цифры имеют тенденцию к ежегодному ухудшению. В 2016 г. не соответствовало данному критерию 47,5%. Управление Роспотребнадзора по Тюменской области зафиксировало в 2015 г. несоответствие качества поверхностных источников хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения рекомендованным величинам в 20,6% проб, а в 2014 г. – 19,2%. Эта ситуация объясняется ухудшением геоэкологической обстановки в регионе из-за паводков 2016 и 2017 гг., при которых поверхностный сток обусловил загрязнение водных объектов. При этом отмечалось превышение аммония, кремния, железа (до 5 ПДК). В подземных водах регулярно выявлялось повышенное содержание: алюминия (от 2,6 до 7,4 ПДК), аммиака (по азоту) (от 1,1 до 4,6 ПДК), брома (от 1,2 до 4,3 ПДК), бария (от 1,1 до 5,2 ПДК), бора (от 1,1 до 1,8 ПДК), ртути (от 1,2 до 1,4 ПДК), кадмия (свыше 1,2 ПДК), бериллия (более 1,9 ПДК). Свыше 12% проб не соответствовало санитарно-химическим нормативам и в разводящей сети в различных районах области и г. Тюмени (превышение концентрации марганца от 1,1 до 2,0 ПДК, аммиака более 5 ПДК, железа – более 5 ПДК, кремния – от 2 до 5 ПДК). По данным натуральных лабораторных исследований, осуществленных на базах ведущих вузов г. Тюмени, были выявлены также значительные отклонения от нормативных критериев многих показателей, характеризующих антропогенный прессинг на водные объекты.

Ключевые слова: источники водоснабжения, антропогенный прессинг, допустимые уровни, нормативные критерии, геоэкологическая обстановка, загрязняющие вещества

ANALYSIS OF GEO-ECOLOGICAL SITUATION IN WATER OBJECTS OF THE TYUMEN REGION AND TYUMEN CITY

^{1,2}Zhilyakov E.V., ¹Monakhova Z.N., ¹Guzeeva S.A., ¹Bryukhanova R.Ya., ¹Tomus I.Yu.

¹Tyumen Industrial University of the Ministry of Education of Russia, Tyumen, e-mail: tyuiu.ru;

²Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tyumen, e-mail: tyumsmu.ru

The data of the annual monitoring of the state of water bodies carried out by the Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region state that in General in the Tyumen region in 2017 from the total number of selected water samples of sources of drinking water supply more than half (54.4%) did not meet the normative values for sanitary and Toxicological indicators. These figures tend to deteriorate each year. In 2016, 47.5% did not meet this criterion. The Department of Rosпотребнадзор in the Tyumen region recorded in 2015 the quality of surface sources of household and drinking water supply did not correspond to the recommended values in 20.6% of samples, and in 2014 – 19.2%. This situation is explained by the deterioration of the geoecological situation in the region due to floods in 2016 and 2017 at which surface runoff caused pollution of water bodies. At the same time, excess of ammonium, silicon, iron (up to 5 MPC) was noted. In groundwater, elevated levels of aluminum (from 2.6 to 7.4 MPC), ammonia (nitrogen) (from 1.1 to 4.6 MPC), bromine (from 1.2 to 4.3 MPC), barium (from 1.1 to 5.2 MPC), boron (from 1.1 to 1.8 MPC), mercury (from 1.2 to 1.4 MPC), cadmium (over 1.2 MPC), beryllium (more than 1.9 MPC) were regularly detected. More than 12% of the samples did not meet the sanitary and chemical standards and in the breeding network in different regions of the region and Tyumen (excess of manganese concentration from 1.1 to 2.0 MPC, ammonia more than 5 MPC, iron – more than 5 MPC, silicon – from 2 to 5 MPC. According to full-scale laboratory studies carried out at the bases of the leading Universities of Tyumen, significant deviations from the normative criteria of many indicators characterizing anthropogenic pressure on water objects were also revealed.

Keywords: sources of water supply, anthropogenic pressure, permissible levels, regulatory criteria, geoecological situation, pollutants

Загрязнение окружающей среды в Российской Федерации в целом и Тюменской области в частности является одной из актуальнейших проблем, влияющей не только на состояние здоровья населения, человека, но и на другие ее субъекты: на растительный покров, на микроорганизмы, на животных, на гидробионтов и т.д. Осо-

бой опасностью для здоровья человека характеризуются чужеродные компоненты, поступающие с водой, воздухом, продуктами питания – нитро- и аминоксоединения, лекарственные и дезинфицирующие средства, полициклические ароматические углеводороды, которые устойчивы к разрушению в окружающей среде. Миграция

чужеродных соединений во внутренние среды биологических организмов имеется во всех видах биологических систем. Согласно теории прогрессивного накопления ксенобиотиков в трофических цепях, каждое последующее звено цепи может накапливать до 10 раз больше поллютантов, чем предыдущее звено. Поэтому конечное звено пищевой цепи – человек – может их значительно аккумулировать по сравнению с исходными показателями в окружающей среде. Особенное значение это приобретает в условиях промышленного освоения газовых и нефтяных ресурсов северных регионов России – Тюменской области [1].

Вместе с тем известно, что гидробионты – жители водных объектов зачастую являются более чувствительными организмами к загрязнению свойственной им среды обитания, чем населяющие поверхность суши – животные и даже растения [2]. Доказано, что гидробионты обладают меньшей способностью полноценно обезвреживать ксенобиотики, поступающие к ним из среды обитания, чем жители суши. Это связано не только с несовершенством их систем детоксикации, органов защиты, отвечающих за метаболизм чужеродных химических соединений, но и со способностью (биологическим свойством организмов) активно кумулировать загрязняющие вещества из воды [3]. Особенно это характерно для накопления гидробионтами таких веществ, как пестициды, радионуклиды, соли тяжелых металлов.

В настоящее время ситуация в Тюменской области и г. Тюмени по ксенобиотической нагрузке на водные объекты складывается неблагоприятно. При этом для Тюменской области отмечается природное повышенное содержание в воде общего железа, марганца, аммиака, кремния, которые могут обнаруживаться и в разводящей сети – после очистки воды [4].

Цель исследования: изучить возможность разработки унифицированных подходов к ранжированию территорий с высокой экологической нагрузкой на среду обитания в результате антропогенной деятельности человека. Разработать методику расчета рисков немедленного и хронического действия на человека техногенных контаминантов водных объектов. Определить вероятные последствия загрязнения акватории и обосновать мероприятия по снижению негативного действия ксенобиотиков как на элементы окружающей среды, так и на человека.

Материалы и методы исследования

Был проведен анализ загрязнения водных объектов г. Тюмени на базах государственного медицинского университета и государственного индустриального университета. Оценка проводилась по основным загрязняющим веществам, характерным для антропогенной деятельности. Было проанализировано более 1000 проб воды из различных водоемов. Оценивалась достоверность полученных результатов. Полученные значения сравнивались с данными, представленными на основе ежегодных докладов Департамента недропользования и экологии Тюменской области [4–6]. Осуществлялась статистическая обработка [7]. Для сравнения степень загрязненности воды оценивалась в соответствии с классификацией, предложенной методикой Гидрохимического института Росгидромета, по которой проводилась комплексная оценка качества воды по пяти классам – 1-й класс (условно чистая), 2-й класс (слабо загрязненная); 3-й класс (загрязненная, очень загрязненная); 4-й класс (грязная, очень грязная); 5-й класс (экстремально грязная). Исследования проведены в летний период 2017 г.

Результаты исследования и их обсуждение

В 2017 г. по Тюменской области в целом из общего количества отобранных проб воды по санитарно-токсикологическим показателям не соответствовало 54,4%, при этом микробиологические показатели не соответствовали в 4,1% (в 2016 г. 47,5% и 3,7% соответственно). Пробы поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по санитарно-химическим показателям не соответствовали нормативным критериям в 24,7% (за 2016 г. эти значения были в пределах 20,5%), при этом удельный вес проб, неудовлетворяющих нормативные значения по микробиологической составляющей – 10,6% (за 2016 г. – 8,4%). В источниках питьевого водоснабжения выявлено превышение ПДК ионов аммония [4].

Мониторинговые наблюдения 2017 г. за источниками питьевого водоснабжения в области в целом показали повышенное содержание железа, при этом в целом ряде районов с высокой степенью антропогенной нагрузки, а также г. Тюмени фиксировалось превышение содержания железа предельно допустимых концентраций (ПДК) более чем в 5 раз. В некоторых водозаборах отмечалось превышение кремния.

В разводящей сети не соответствовали нормативам санитарно-химические показатели в 12,6% проб. При этом регистрировались в различных районах и г. Тюмени суммарно: превышение содержания марганца от 1,1 до 2,0 ПДК, аммиака в концентрации более 5 ПДК, железа – более 5 ПДК, кремния – от 2 до 5 ПДК. Было обнаружено несоответствие нормативам показателей мутности [5].

В 2016 г. в грунтовых водах отмечены загрязнители, превышающие ПДК и позволяющие по санитарно-токсикологическим и органолептическим признакам вредности отнести их к I, II и III классу опасности. Выявлено повышенное содержание загрязняющих веществ, превышающее рекомендованные величины: алюминия (3,4 ПДК); аммиака (по азоту) (1,3–3,0 ПДК); свинца (1,1–1,8 ПДК), бария (1,2–1,6 ПДК), селена (более 1,4 ПДК), при этом в предыдущем 2015 г. концентрации алюминия и селена не превышали нормативные критерии, а концентрации нефтепродуктов: нитратов, кадмия, брома, бора, наоборот, превышали таковые.

Территории сельскохозяйственного назначения характеризовались повышенным содержанием в грунтовых водах: алюминия (от 2,6 до 7,4 ПДК), аммиака (по азоту) (от 1,1 до 4,6 ПДК), брома (от 1,2 до 4,3 ПДК), бария (от 1,1 до 5,2 ПДК), бора (от 1,1 до 1,8 ПДК), ртути (от 1,2 до 1,4 ПДК), кадмия (свыше 1,2 ПДК), бериллия (более 1,9 ПДК). В пределах Тюменской области качество воды в водных объектах изменялось от 3 класса (очень загрязненная) до 4 класса (очень грязная) [6].

При комплексной оценке водных объектов были выявлены критические показате-

ли загрязнения – марганец и железо, повышенное содержание которых может носить естественный геохимический характер, обусловленный природными качественными свойствами поверхностных вод.

При введении в эксплуатацию целого ряда загрязняющих окружающую среду промышленных объектов: Антипинский НПЗ, Тюменский мусоросжигательный завод и др. – проводился анализ загрязнений водных объектов г. Тюмени. Данные настоящих лабораторных наблюдений, осуществленных на базах ведущих вузов г. Тюмени за загрязнителями водных объектов хозяйственно питьевого назначения г. Тюмени за 2017 г., представлены в табл. 1–4.

В табл. 1 представлены данные основных веществ, превышающих допустимые нормативные значения, загрязняющих водные объекты г. Тюмени. Исходя из полученных величин, можно констатировать, что ведущими загрязнителями (в порядке убывания) по органолептическому признаку являются: алюминий – превышение ПДК в 4,18 раза, железо – превышение ПДК в 3,28 раз, хлориды – в 1,4 раза, гидроксибензол – в 1,3 раза, сульфаты – в 1,17 раза и нефтепродукты – в 1,1 раз. Аналогичная градация ранговых мест веществ, лимитируемых по санитарно-токсикологическому показателю, показала, что наибольшие значения превышения ПДК отмечаются по поверхностно-активным веществам – в 2,59 раз, нитратам – в 1,48 раз и нитритам – в 1,4 раза.

Для веществ, не превышающих ПДК, в порядке убывания сравниваемых с ПДК значений ранжирование было следующим: формальдегид, медь, хром, свинец, сероводород, фосфор, метанол (табл. 2).

Таблица 1

Показатели и критерии опасности загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	$\frac{C}{ПДК}$	Ранг
1	2	3	4	5	6
Нефтепродукты	0,1	органолептический	4	1,083	9
Сульфаты	500	органолептический	4	1,165	8
Хлориды	350	органолептический	4	1,4214	5
Гидроксибензол	0,001	органолептический	4	1,25	7
Нитраты	45	санитарно-токсикологический	3	1,48	4
СПАВ (ПАВ)	0,5	санитарно-токсикологический	2	2,584	3
Железо	0,3(1)	органолептический	3	3,28	2
Алюминий	0,2(0,5)	органолептический	3	4,184	1
Нитриты	3,3	санитарно-токсикологический	2	1,394	6

Таблица 2

Показатели и критерии опасности загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени веществами, не превышающими допустимые нормативные значения

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности	$\frac{C}{ПДК}$	Ранг
1	2	3	4	5	6
Фосфор общий	0,0001	санитарно-токсикологический	1	0,140	6
Свинец	0,01	санитарно-токсикологический	2	0,40	4
Сероводород	0,003	органолептический	4	0,141	5
Медь	1	органолептический	3	0,866	2
Хром	0,05	санитарно-токсикологический	3	0,816	3
Метанол	3	санитарно-токсикологический	2	0,050	7
Формальдегид	0,05	санитарно-токсикологический	2	0,966	1

При оценке рисков негативных последствий основных загрязняющих веществ водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени было выяснено, что практически все вещества, которые превышают предельно допустимые концентрации, имеют высокий риск развития эффектов, нормируемых по лимитирующему критерию: органолептическому или санитарно-токсикологическому, исключая гидроксibenзол (табл. 3).

Для веществ, не превышающих ПДК, вероятность развития эффектов, нормируемых по лимитирующему критерию, была низкая, за исключением свинца, вероятность специфического эффекта которого при хронической интоксикации была средней (табл. 4).

Основными факторами, оказывающими наиболее значимое влияние на гидродинамическое состояние питьевой воды подземных водоисточников Тюменской области, являются: высокие объемы добычи полезных ископаемых – нефти и газа с последующей закачкой наполнителей в пласты разрабатываемых нефтяных и газовых залежей в образующиеся пустоты при эксплуатации газо- и нефтепромыслов; значительные объемы изъятия воды из всех типов источников для технических целей, а также для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых потребностей.

Изменение состояния подземных вод в наибольшей степени осуществляется на участках разрабатываемых ископаемых, потребляющими из водозаборов более 1000 м³/сут воды. На территории Тюменской области насчитывается порядка 14 групповых водозаборов, эксплуатируемых для таких объемов. Ведущее место занимают водоза-

боры, используемые для нужд водоснабжения г. Тюмени.

При этом не наблюдается истощение водных запасов, а колебания уровня воды эксплуатируемых скважин не превышают допустимые значения, что определяет стабильность установленного режима водоснабжения объектов Тюменской области. Отмечается многолетняя стабильность размеров и форм депрессионных воронок, которые были сформированы на исходном этапе в начале их эксплуатации.

При анализе данных гидродинамического режима подземных вод показал, что к 2016 г. был зафиксирован подъем их уровня с 2014 г. в среднем на 0,2–0,7 м, имеющий циклический (отмечается периодичность 3–5, 7–8-летней повторяемости), естественный характер, связанный с климатическими и гидрометеорологическими особенностями региона. Такой гидродинамический режим наблюдался не только в естественных условиях, но и в слабонарушенных пластах гидрологических объектов в результате техногенной активности.

Существующие региональные гидрохимические условия Тюменской области (заболоченность местности, равнинность территории, избыточная увлажненность, слабая дренированность) обуславливают гидрохимическое состояние грунтовых вод, характеризующее повышенной цветностью, высокими значениями содержания железа, марганца, кремния, высокой окисляемостью. Отмечается близкое залегание грунтовых вод к поверхности земли, что сочетается с практическим отсутствием глинистого водоупора, выдержанного по площади в толще перекрывающих отложений [8].

Таблица 3

Оценка риска немедленного и хронического действия загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени

Вещество	Prob	Risk	Ранг проб	Ранг рисков	Вероятность развития эффектов
1	2	3	4	5	6
Нефтепродукты	4,75	0,85	7	5	высокая
Сульфаты	4,86	1	6	1	высокая
Хлориды	5,15	1	3	1	высокая
Гидроксибензол	4,96	0,42	5	7	средняя
Нитраты	3,32	0,99	8	2	высокая
СПАВ (ПАВ)	5,07	0,89	4	4	высокая
Железо	3,03	0,82	9	6	высокая
Алюминий	6,58	0,97	2	3	высокая
Нитриты	10,33	1	1	1	высокая

Таблица 4

Оценка риска немедленного и хронического действия загрязнений водных объектов хозяйственно-питьевого назначения г. Тюмени веществами, не превышающими допустимые нормативные значения

Вещество	Prob	Risk	Ранг проб	Ранг рисков	Вероятность развития эффектов
1	2	3	4	5	6
Фосфор общий	1,35	0,24	5	3	низкая
Свинец	6,43	0,502	1	1	средняя
Сероводород	1,82	0,27	3	2	низкая
Медь	1,11	0,16	6	5	низкая
Хром	1,47	0,15	4	6	низкая
Метанол	0,05	0,09	7	7	низкая
Формальдегид	1,99	0,18	2	4	низкая

Выводы

1. Большая часть территории Тюменской области имеет слабую природную защищенность подземных вод, что негативно отражается на их качестве в условиях высокой антропогенной нагрузки, сопровождающейся обязательным загрязнением водных объектов химическими веществами.

2. Высокое содержание железа, меди, других ксенобиотиков в воде при регулярном ее употреблении человеком может стать причиной появления аллергических реакций, хронических заболеваний слизистых оболочек и кожи, при этом возможно негативное действие на формирование иммунитета, процессы кроветворения, развития отдаленных процессов и т.д.

3. Были определены основные контаннанты водных объектов Тюменской области и г. Тюмени. Полученные значения натуральных исследований водных объектов Департаментом недропользования и экологии Тюменской области, а также ведущи-

ми вузами Тюменской области позволяют спрогнозировать негативные последствия как для отдельного человека, так и для населения региона в целом.

4. Полученные данные говорят о том, что вещества, загрязняющие водные объекты, даже в случаях, не превышающих предельно допустимые значения, или в случаях незначительного превышения ПДК, могут иметь риск развития неблагоприятных для человека специфических эффектов. Это позволяет разработать систему мероприятий по их устранению (нивелировке).

Список литературы / References

1. Жилияков Е.В., Монахова З.Н., Монахов М.С., Ударцева О.В., Томус И.Ю. Эколого-токсикологический мониторинг воздушной среды Тюменской области и г. Тюмени // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28519> (дата обращения: 28.03.19).
- Zhiljakov E.V., Monahova Z.N., Monahov M.S., Udartseva O.V., Tomus I.Yu. Ecological and Toxicological monitoring of the air environment of the Tyumen region and Tyumen city // Modern problems of science and education. 2018. № 6. [Electronic resource]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=28519> (date of access: 28.03.2019) (in Russian).

2. Доценко В.А. Эколого-гигиеническая концепция питания человека // Гигиена и санитария. 1990. № 7. С. 13–18.
- Dotsenko V.A. Ecological and hygienic concept of human nutrition // *Gigiena i sanitariya*. 1990. № 7. P. 13–18 (in Russian).
3. Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.
- Odum Yu. Ecology. M.: Mir, 1986. Vol.1. 328 p. (in Russian).
4. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2017 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2017. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11552245%40cmsArticle (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
5. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2016 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2016. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11447166%40cmsArticle (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
6. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2015 году. Департамент недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle (дата обращения: 29.03.2019).
- Report on the environmental situation in the Tyumen region in 2015. Department of subsoil use and ecology of the Tyumen region [Electronic resource]. URL: https://admtymen.ru/ogv_ru/about/ecology/eco_monitoring/more.htm?id=11377597%40cmsArticle (date of access: 29.03.2019) (in Russian).
7. Жиляков Е.В., Скипин Л.Н., Латенков В.П. Основы токсикологии. Учебно-методическое пособие. Тюмень: РИО ТюмГАСУ, 2015. 171 с.
- Zhiljakov E.V., Skipin, L.N., Latenkov V.P. Fundamentals of toxicology. Educational-methodical manual. Tyumen: RIO TyumGASU, 2015. 171p. (in Russian).
8. Семенова Т.В., Данкова И.М. Гидроминеральные ресурсы юга Тюменской области и перспективы их использования // Известия вузов. Нефть и газ. 2012. № 5. С. 9–13.
- Semyonova T.V., Dankova I.M. Hydromineral resources of the South of the Tyumen region and prospects of their use // *Izvestiya vuzov. Neft' i gaz*. 2012. № 5. P. 9–13 (in Russian).