

ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИОНАМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕК СИБИРСКОГО РЕГИОНА*

В работе с помощью метода ААС были определены концентрации ионов тяжелых металлов в реках Обь и Иртыш. Получено, что для ионов железа, цинка и меди характерно превышение ПДК в 100 % случаев, а для концентрации ионов никеля превышение в ПДК отмечено в единичных случаях. Показана тенденция к увеличению среднегодовых концентраций ионов железа, марганца и цинка и снижение среднегодовых концентраций ионов меди и никеля в реках Сибирского региона. Установлена сезонная динамика ионов тяжелых металлов. Рассчитан индекс загрязненности воды и получено, что его значение минимально в летне-осенний период. Определена условная степень самоочищения (СС) вод и установлено, что наиболее высокие значения СС по ионам железа и марганца наблюдаются в осенний период в нижнем течении реки Обь. Максимальные значения СС в реке Иртыш характерны для ионов марганца и цинка в осенний период, а для ионов железа в зимний и осенний.

Ключевые слова: метод ААС, тяжелые металлы, вода, ионы железа, цинка и меди, ПДК, сезонная динамика, условная степень самоочищения, значения СС, реки Иртыш и Обь.

Введение

Возрастание техногенной нагрузки на водосборные территории при сокращении объема водоохраных мероприятий ведет к увеличению загрязнения поверхностных вод. Загрязненные водные объекты становятся непригодными для питьевого, а часто и технического водоснабжения, теряют рыбохозяйственное значение и становятся малопригодными для нужд сельского хозяйства.

Химический состав вод является результатом сложных многоступенчатых процессов, происходящих как на водосборе, так и в самом водоеме. Основными природными источниками поступления элементов в водную среду являются выветривание горных пород на водосборе, высвобождение из донных отложений, выпадение из атмосферы, минерализация органического вещества на водосборе и в самом водоеме.

Среди основных факторов, определяющих элементный состав вод и концентрации элементов в воде наиболее важными являются литологические условия, а именно – геологическая структура водосбора, химический состав горных пород и соотношение их типов, устойчивость к химическому выветриванию. Климатические факторы (температура, осадки, испарение и др.) косвенно влияют на содержание микроэлементов через интенсивность химического выветривания, биопродукционных процессов, разложения органических остатков, а также скорости химических и биологических внутриводоемных процессов и др. Антропогенная деятельность приводит к повышению уровня содержания металлов в природных водах вследствие как глобального рассеивания элементов, так и поступления с водосбора и в составе сточных вод [1].

Наиболее важной особенностью, отличающей тяжелые металлы (ТМ) от других загрязнителей, является то, что после попадания в окружающую среду их потенциальная токсичность в значительной степени определяется физико-химической формой нахождения элемента [2–6].

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-29-04839 офи_м).

Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО) – один из самых динамично развивающихся регионов России, обладающий огромным и разнообразным природно-ресурсным потенциалом. Экологическая ситуация в округе формируется под влиянием фактора воздействия народного хозяйства на окружающую среду, и большую часть вреда наносит нефтегазодобывающий комплекс, являющийся основой экономики округа.

Особенностью экологического состояния территории является интенсивное воздействие на окружающую среду промышленной разработки запасов нефти и газа, трубопроводного транспорта углеводородного сырья, электроэнергетики, заготовки древесины [7].

Основными источниками питьевой воды в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре являются подземные воды Четвертинского, Алтымского, Новомихайловского и Тавдинского водоносных горизонтов, их доля составляет 74 % от общего объема воды. Остальные 26 % приходятся на поверхностные воды, реки: Обь, Вах, Казым, Акрыш и Вогулка.

На территории округа ведется постоянное наблюдение за качеством воды из подземных и поверхностных источников водоснабжения, используемых в питьевых, хозяйственно-бытовых, рекреационных, лечебных целях, а также из водопроводов, распределительной сети, централизованных/нецентрализованных источников водоснабжения.

В динамике с предыдущими годами сохраняется небольшая отрицательная тенденция по доле проб воды, неудовлетворительной по санитарно-химическим показателям [7–8]. В 2013 г. по сравнению с 2012 г. отмечается ухудшение состояния поверхностного источника централизованного питьевого водоснабжения одновременно и по санитарно-химическим, и по микробиологическим показателям в г. Нефтеюганске, и только по

микробиологическим показателям в г. Нижневартовске. При этом доля проб воды неудовлетворительной по микробиологическим показателям в г. Нижневартовске остается выше среднего показателя по округу.

Состояние здоровья населения находится в непосредственной зависимости от состояния окружающей человека среды обитания. За последние годы по округу увеличилось число заболеваний основных систем организма – дыхательной и пищеварительной. Среди взрослого населения Ханты-Мансийского автономного округа отмечается рост общей заболеваемости по таким классам заболеваний как новообразования, болезни эндокринной системы, болезни крови и кроветворных органов, болезни нервной системы и органов чувств, болезням органов пищеварения, болезни мочеполовой системы, болезни кожи и подкожной клетчатки, врожденными аномалиями [8].

Особую опасность для водных экосистем и для здоровья человека представляют тяжелые металлы (ТМ). Они относятся к классу консервативных загрязняющих веществ, которые не разлагаются в природных водах, а только изменяют форму своего существования, сохраняются в ней длительное время даже после устранения источника загрязнения [9–12].

В связи с этим стоит острая проблема загрязнения водных ресурсов тяжелыми металлами.

Целью данной работы является определение уровня загрязнения тяжелыми металлами крупных рек ХМАО и экологическая оценка самоочищения.

Материалы и методы

Объектами исследования являются пробы поверхностных вод р. Обь и р. Иртыш на территории Ханты-Мансийского автономного округа (рис. 1).

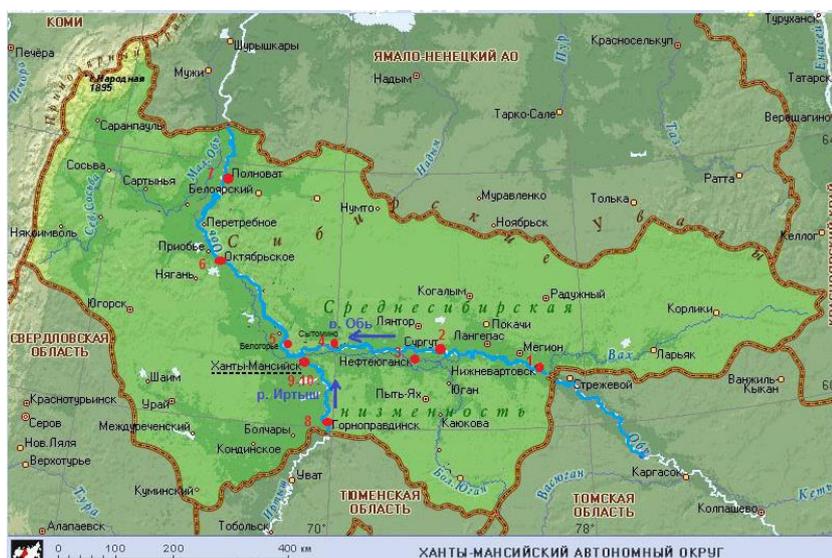


Рис. 1. Карта с расположением точек отбора проб

Точки наблюдения входят в состав Государственной сети по мониторингу окружающей среды. Исследуемые образцы отбирались ежемесячно для точек отбора, расположенных вблизи крупных городов (Нижевартовск, Сургут, Нефтеюганск, Октябрьское, Ханты-Мансийск, Горнопродинск), а для точек, расположенных вблизи населенных пунктов с численностью менее 2000 чел. (Полноват, Сытомино, Белогорье), пробы отбирались только в период открытого русла.

Отбор и консервация проб поверхностных вод производилась в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» а также Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» [13].

Отбор проб для выполнения измерений массовых концентраций алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка производится в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05 и ГОСТ Р 51592. При отборе, предварительной обработке и хранении проб воды особое внимание должно быть обращено на исключение загрязнения пробы стенками посуды, используемыми фильтрами и консервантом.

Для количественного определения содержания растворенных форм металлов в поверхностных водах использовалась методика РД 52.24.377-2008 «Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб» [14].

Пределы обнаружения металлов электрохимическим атомно-абсорбционным методом приведены в табл. 1.

Таблица 1
Пределы обнаружения металлов
в поверхностных водах суши

Определяемый элемент	Пределы обнаружения, мкг/дм ³
Железо общее	4,0
Марганец	0,4
Медь	0,5
Никель	4,0
Цинк	1,0

Измерение массовой концентрации ионов металлов на таком спектрометре, как «Квант-Z», предусматривает дозирование пробы на внутреннюю поверхность графитовой трубки. Далее атомизатор нагревается электротокком по специальной температурно-временной программе, включающей выпаривание пробы до сухого остатка, его озоление и атомизацию, сопровождающуюся измерением абсорбционности металла на его резонансной спектральной линии, излучае-

мой соответствующей лампой с полым катодом. Измеряемая абсорбционность атомного пара металла связана с концентрацией ионов этого металла в анализируемой пробе градуировочной зависимостью. Для выполнения измерений на спектрометре «Квант-Z» и аналогичном приборе дозируют 5 мм³ полученного раствора (10 мм³ – при измерении массовой концентрации никеля) в графитовую печь и выполняют измерение массовой концентрации каждого металла по соответствующей программе прибора. Повторяют измерение и значения массовой концентрации металла усредняют, если расхождение между ними не превышает величины предела повторяемости г.

Если величина массовой концентрации металла в пробе выше таковой для последней точки градуировочной зависимости, повторяют измерение после разбавления пробы таким образом, чтобы абсорбционность полученного раствора соответствовала верхней части диапазона градуировочной зависимости. Для этого в мерную колбу вместимостью 25 см³ вносят аликвоту анализируемой воды (1–10 см³) и доводят до метки фоновым раствором.

Для контроля чувствительности и постоянства условий атомизации проб периодически, через 9–10 циклов атомизации, измеряют абсорбционность градуировочного раствора с максимальной концентрацией определяемого металла. Если полученный результат оказывается заниженным на величину, превышающую предел воспроизводимости R относительно величины, полученной при градуировке, измерение повторяют. При получении заниженного результата повторного измерения градуировочного образца производят замену графитовой трубки атомизатора.

Выполнению измерений мешает высокая минерализация вод, а также присутствие взвешенных и коллоидных веществ. Повышенная минерализация анализируемой воды в процессе атомизации пробы приводит к возникновению существенного фонового (неселективного) поглощения. Высокое (более 50 % – 70 %) неселективное поглощение вызывает искажение результатов измерений, если минерализация вод превышает: 10 г/дм³ – для марганца, меди, никеля и цинка; 5 г/дм³ – для железа. Автоматическая коррекция (учет) неселективного поглощения в спектрометре «Квант-Z» производится с помощью обратного эффекта Зеемана (наложение переменного магнитного поля на атомизатор). При достаточно высоком содержании металлов мешающее влияние избыточной минерализации можно устранить разбавлением пробы очищенной водой. Мешающее влияние взвешенных и коллоидных веществ устраняют фильтрованием пробы.

Результаты и их обсуждение

Традиционно используемый в мониторинге водных ресурсов химический анализ позволяет измерить концентрации загрязняющих веществ и сопоставить их с установленными нормативами (ПДК). В результате обработки полученных данных с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии отмечено, что для поверхностных вод Ханты-

Мансийского региона характерно повышенное содержание ионов металлов. Выявлено, что во всех точках отбора на р. Обь и р. Иртыш концентрации растворенных форм железа, марганца, меди и цинка превышают предельно-допустимые. Так, например, по железу в 100% случаев концентрации превышают ПДК (рис. 2).

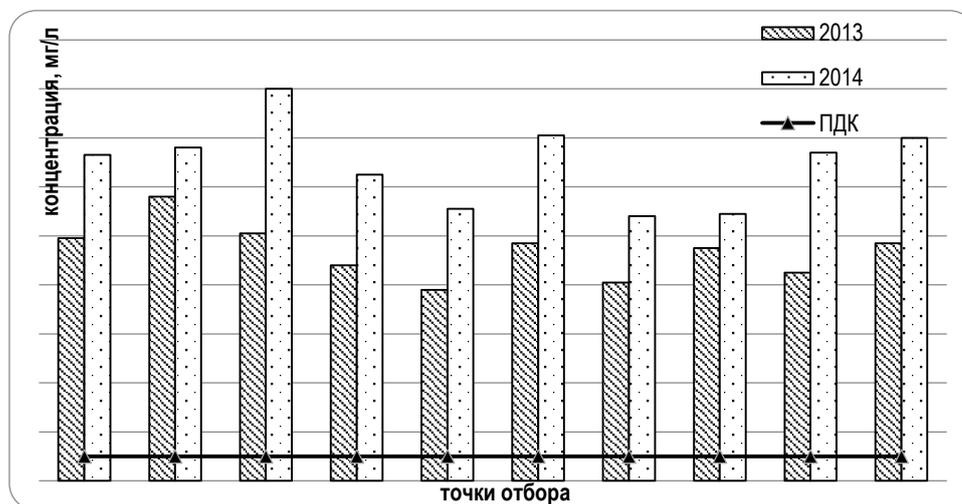


Рис. 2. Динамика содержания растворенных форм железа в водах 2013–2014 гг.

Повышенное содержание ионов железа связано с региональными особенностями поверхностных вод, так как особое значение для формирования химического состава поверхностных и грунтовых вод имеет повсеместная заболоченность плоских водоразделов Западно-Сибирской равнины [15]. Атмосферные осадки, прежде чем попасть в зону насыщения водоносной системы, проходят через торфяной слой, «переживая» болотный этап формирования химического состава [16]. Болотные воды характеризуются большим количеством органического вещества, высокой кислотностью и окисляемостью. В связи с этим влияние болот в значительной мере определяет региональные особенности речных вод ХМАО. Следует отметить, что помимо природного фактора, антропогенное воздействие тоже вносит свой вклад в состояние природных вод округа. Сравнивая два года – 2013 и 2014 гг., выявлены достоверные различия в среднегодовых концентрациях ионов железа общего для некоторых мест отбора проб. По средним концентрациям ионов общего железа в р. Обь между 2013 и 2014 гг. не выявлено достоверных различий, кроме проб, отобранных ниже г. Нефтеюганск. По р. Иртыш за аналогичные периоды достоверных различий не выявлено лишь в пробах, отобранных выше г. Ханты-Мансийск. Возможно, это связано с увеличением антропогенной нагрузки на водные объекты в районе г. Нефтеюганск, п. Горноправдинск и г. Ханты-Мансийск.

Для марганца также характерно превышение ПДК практически во все сезоны годового цикла (рис. 3). В весенний период превышения концентрации марганца, как и железа, могут составлять 30–50 ПДК. Практически повсеместно отмечаемые большие концентрации ионов железа и марганца, превышающие в десятки раз, связаны с природно-геохимическими условиями. Железо приобретает подвижность в восстановительной обстановке болотных ландшафтов, которые занимают практически значительную часть водосборных бассейнов. Высокая подвижность железа приводит к тому, что этот элемент является типоморфным для таёжных геосистем Западной Сибири [17]. Содержание ионов марганца в природных водах тайги Западной Сибири больше, чем в речных системах других регионов, поскольку этот элемент отличается высокой биогенной активностью и подвижностью [18].

Если стабильно высокое содержание ионов железа и марганца обусловлено природными факторами, связанными со значительной заболоченностью территории, то медь и цинк не являются типоморфными элементами. В поверхностных водах большинства речных бассейнов на территории автономного округа четко прослеживается стабильное превышение ПДК ионов цинка и меди (рис. 4 и 5), что, вероятно, можно объяснить техногенным влиянием на водные объекты.

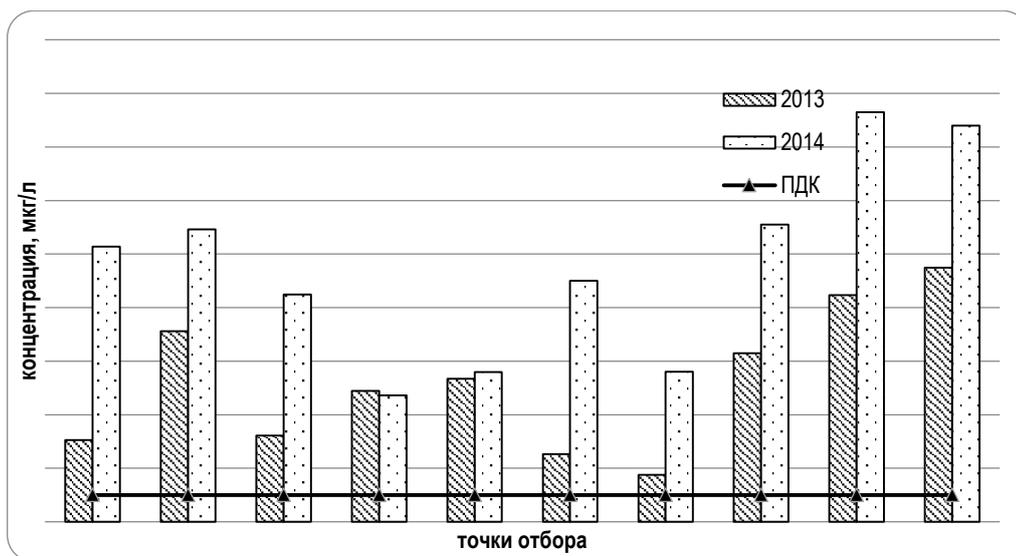


Рис. 3. Динамика содержания растворенных форм марганца в водах 2013–2014 гг.

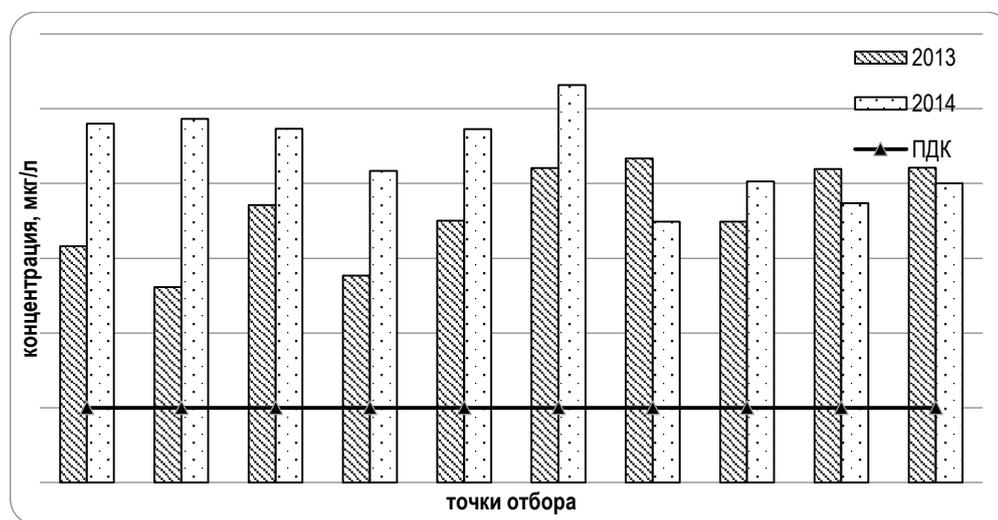


Рис. 4. Динамика содержания растворенных форм цинка в водах 2013–2014 гг.

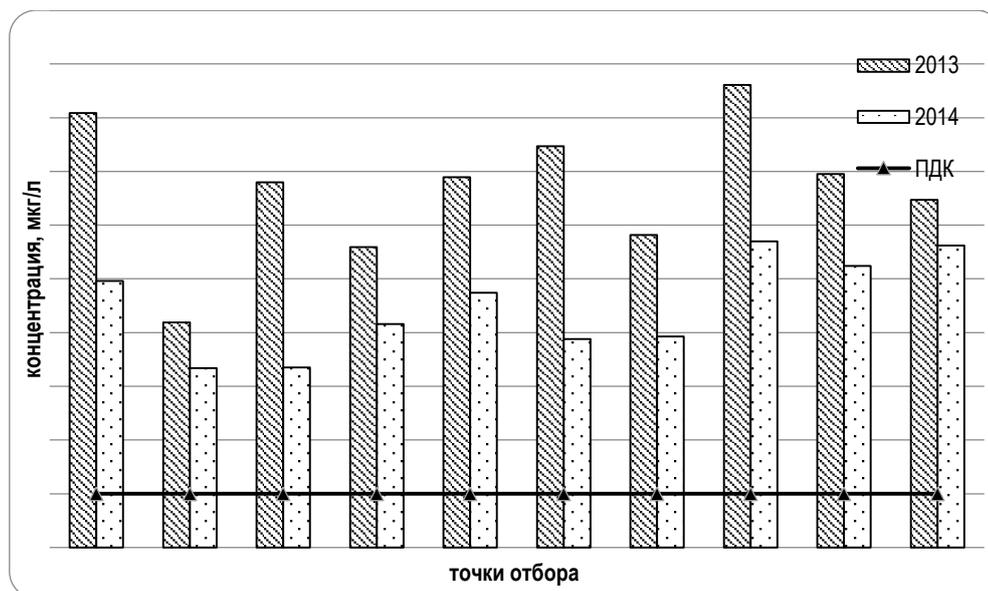


Рис. 5. Динамика содержания растворенных форм меди в водах 2013–2014 гг.

Проведенный анализ по t-критерию для ионов цинка не выявил достоверных различий по среднегодовым концентрациям за 2013 и 2014 гг. как для р. Иртыш, так и для р. Обь, за исключением проб, отобранных в районе г. Сургут (22 км ниже по течению).

Для ионов меди достоверное изменение среднегодовых концентраций в 2014 г. по сравнению с 2013 г. выявлено в р. Обь районе г. Нижневартовск и Нефтеюганск. Для р. Иртыш значимые различия обнаружены для проб, отобранных в черте п. Горноправдинск. Для остальных точек отбора проб уровень загрязнения ионами меди не изменился по сравнению с 2013 г.

Из всех анализируемых ионов металлов лишь никель имеет стабильно низкие концентрации и характеризуется единичными случаями превышения ПДК.

Сезонная динамика тяжелых металлов в р. Обь и Иртыш. Изменение содержания ионов марганца по сезонам года в р. Обь во всех точках отбора имеет общую тенденцию: резкое повышение в весенний период (март-апрель) до 200-500 мкг/дм³, затем снижение до уровня ПДК в летне-осенний период. Повышенное содержание ионов марганца в природной воде в это время года объясняется низким уровнем растворенного кислорода. Наименьшее содержание ионов марганца в течение года наблюдается в августе-октябре. Для р. Иртыш характерны те же закономерности изменения концентраций ионов марганца – значительные превышения ПДК в марте-апреле и снижение в летне-осенний период до предельно-допустимого уровня. Содержание ионов железа во все сезоны годового цикла превышают значения ПДК в среднем в 10 раз, так как железо является типоморфным элементом для Ханты-Мансийского автономного округа. Повышенное фоновое содержание железа общего, как отмечалось выше, связано с региональными особенностями формирования природных вод. Сезонная динамика ионов железа в р. Обь и Иртыш характеризуется снижением почти в 2 раза в летний период и небольшим повышением в осенний период.

Для ионов цинка не выявлено четких закономерностей в изменении содержания в природных водах по сезонам года. Вероятно, потому что его поступление в р. Обь и Иртыш связано с антропогенным влиянием [19]. Медь, цинк и никель – эти элементы считаются индикаторами сжигания жидкого топлива (Ni, Zn) и влияния буровых работ (Cu). Цинк является одним из индикаторных элементов техногенеза и попадает в атмосферу с промышленными выбросами, при коррозии металлических частей инженерных сооружений [20]. Никель является одним из индикаторов нефтяного загрязнения. Атмосферные аэрозоли, образующиеся при сжи-

гании нефти, содержат повышенное количество этого элемента [21], которые затем попадают в воду. Для исследуемых рек в течение года наблюдается стабильный уровень загрязнения ионами меди 5–8 мкг/дм³. В исследуемых пробах воды содержание ионов никеля также не подвержено сезонным колебаниям и имеет стабильно низкие концентрации (2–6 мкг/дм³), характеризуется единичными случаями превышения ПДК.

Дискриминантный анализ в программе «Statistica» [22] выявил различия в распределении ионов металлов по сезонам года. Так, на диаграмме канонических рассеиваний (рис. 6) видно, что распределение ионов железа по сезонам года отличается от остальных металлов, это объясняется специфичностью природного фона. Распределения ионов никеля, меди и цинка по сезонам года схожи и образуют общую группу, вероятно, потому что изменения их концентраций не зависят от сезонов года, а имеет другую природу. Частично это характерно для ионов марганца.

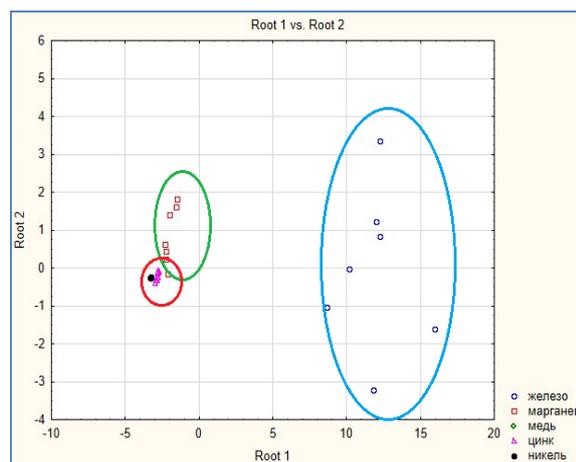


Рис. 6. Диаграмма распределения ионов железа, марганца, меди, цинка и никеля по сезонам года

Степень самоочищения природных вод. Так как содержание ионов металлов в природных водах подвержено сезонным колебаниям, то в связи с этим могут протекать процессы, которые можно отнести к процессам самоочищения. Для установления характера данных таких процессов используют характеристику – степень самоочищения (СС) [23]:

$$CC = 100 \cdot (C_n - C_k) / C_n,$$

где СС – степень самоочищения, %; С_н и С_к – концентрации металла в начальном и конечном створе участка водоема соответственно.

Исследуемый водный бассейн р. Обь был условно разделен на три участка:

- верхнее течение (от г. Нижневартовск до г. Сургут);
- среднее течение (от с. Сытомино до п. Белогорье);

– нижнее течение (от пгт. Октябрьское до п. Полноват).

Для р. Иртыш в качестве начального и конечного створа брали пгт. Горноправдинск и г. Ханты-Мансийск соответственно. При исследовании установлено, что степень самоочищения по марганцу, железу и цинку в нижнем течении р. Обь выше чем в верхнем и среднем.

Максимальная степень самоочищения воды в верхнем течении наблюдается по ионам меди в зимний (53 %) и осенний (36 %) периоды; в среднем течении – по ионам железа (36 %).

В нижнем течении наиболее высокие значения СС наблюдаются в осенний период: по ионам железа – 36 %, по марганцу – 74 %. Лишь по ионам меди во все сезоны года СС имеет нулевые значения. Содержание ионов никеля в течении р. Обь практически не меняется и степень самоочищения для него имеет невысокие значения.

Такие высокие значения СС в нижнем течении можно объяснить минимальной антропогенной нагрузкой, в то время как большое количество нефтегазовых месторождений и предприятий-водопользователей расположены в верхнем и среднем течении р. Обь.

Результаты исследования степени самоочищения воды в р. Иртыш показали также, что максимальные значения СС для ионов марганца и цинка характерны в осенний период (около 60 %); для ионов железа в зимний (49 %) и в осенний (31 %) период.

Индекс загрязненности воды (ИЗВ). Следствием наблюдаемого самоочищения водных объектов является изменение качества воды. Комплексно оценить качество поверхностных вод с помощью гидрохимических мето-

дов можно, используя различные коэффициенты, индексы и классификации. В последнее десятилетие в системе Росгидромета наибольшее практическое применение получил индекс загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается по гидрохимическим показателям [24]:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum \frac{C_i}{\text{ПДК}},$$

где n – число использованных показателей; C_i – фактическое содержание загрязняющего вещества, ПДК – предельно-допустимая концентрация вещества.

В зависимости от величины ИЗВ водные объекты подразделяют на классы (табл. 2). ИЗВ условно оценивает в виде безразмерного числа долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязненности воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ, в среднем одним из учтенных при расчёте комбинаторного индекса ингредиентов и показателей качества воды. Кроме того ИЗВ позволяет проводить сравнение степени загрязненности воды в различных створах и пунктах.

Таблица 2
Классификация воды в зависимости от значения индекса загрязненности воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества воды
Очень чистые	<0,2	1
Чистые	0,2 – 1,0	2
Воды	Значения ИЗВ	Классы качества воды
Умеренно загрязненные	1,0 – 2,0	3
Загрязненные	2,0 – 4,0	4
Грязные	4,0 – 6,0	5
Очень грязные	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10,0	7

Таблица 3

Оценка качества природных поверхностных вод в сезонной динамике содержания тяжелых металлов, 2013 г.

Водный объект, пункт, створ	Сезоны года	Качество поверхностных вод		
		ИЗВ	класс качества	классификация загрязненности
р. Обь, ниже г. Нижневартовск	зима	6,8	6	очень грязная
	весна	4,2		
	лето	4,1	5	грязная
	осень	5,7		
р. Обь, ниже г. Сургут	зима	7,2	6	очень грязная
	весна	6,0		
	лето	4,3	5	грязная
	осень	4,3		
р. Обь, ниже г. Нефтеюганск	зима	6,2	6	очень грязная
	весна	5,4		
	лето	5,0	5	грязная
	осень	4,8		
р. Обь, в черте с. Сытомино	весна	7,5	6	очень грязная
	лето	3,3	4	загрязненная
	осень	3,0		
р. Обь, в черте п. Белогорье	весна	6,9	6	очень грязная
	лето	4,0		
	осень	3,5	4	загрязненная

Окончание табл. 3

Водный объект, пункт, створ	Сезоны года	Качество поверхностных вод		
		ИЗВ	класс качества	классификация загрязненности
р. Обь, ниже пгт. Октябрьское	зима	4,5	5	грязная
	весна	5,4		
	лето	4,5		
	осень	5,3		
р. Обь, в черте п. Полноват	весна	4,9	5	грязная
	лето	5,3		
	осень	4,8		
р. Иртыш, в черте п. Горноправдинск	зима	8,8	6	очень грязная
	весна	7,3	5	грязная
	лето	4,3	4	загрязненная
	осень	3,7		
р. Иртыш, выше г. Ханты-Мансийск	зима	7,4	4	загрязненная
	весна	7,9	6	очень грязная
	лето	4,9	5	грязная
	осень	3,8		
р. Иртыш, ниже г. Ханты-Мансийск	зима	8,5	4	загрязненная
	весна	8,0	6	очень грязная
	лето	5,1	5	грязная
	осень	3,9		

Таблица 4

**Оценка качества природных поверхностных вод
в сезонной динамике содержания тяжелых металлов, 2014 г.**

Водный объект, пункт, створ	Сезоны года	Качество поверхностных вод		
		ИЗВ	класс качества	классификация загрязненности
р. Обь, ниже г. Нижневартовск	зима	6,4	6	очень грязная
	весна	6,8	5	грязная
	лето	4,8		
	осень	5,5		
р. Обь, ниже г. Сургут	зима	4,8		
	весна	9,7	5	грязная
	лето	4,6		
	осень	4,6		
р. Обь, ниже г. Нефтеюганск	зима	3,1		
	весна	7,5	6	очень грязная
	лето	6,0	5	грязная
	осень	5,0		
р. Обь, в черте с. Сытомино	весна	5,4	5	грязная
	лето	5,4		
	осень	4,5		
р. Обь, в черте п. Белогорье	весна	5,8	5	грязная
	лето	4,7		
	осень	5,2		
р. Обь, ниже пгт. Октябрьское	зима	3,1	4	загрязненная
	весна	8,3	6	очень грязная
	лето	6,1	5	грязная
	осень	5,2		
р. Обь, в черте п. Полноват	весна	5,7	5	грязная
	лето	6,6	4	загрязненная
	осень	3,9		
р. Иртыш, в черте п. Горноправдинск	зима	5,9	5	грязная
	весна	7,2	6	очень грязная
	лето	6,5		
	осень	8,5		
р. Иртыш, выше г. Ханты-Мансийск	зима	6,3		
	весна	10,8	7	чрезвычайно грязная
	лето	5,9	6	грязная
	осень	5,8		
р. Иртыш, ниже г. Ханты-Мансийск	зима	6,1	4	грязная
	весна	11,0	7	чрезвычайно грязная
	лето	6,4	6	грязная
	осень	5,6		

Анализ полученных данных (табл. 3–4) свидетельствует о повышении индекса загрязненности воды в весенний период и снижение его в осенний период. Эта особенность характерна для всех точек наблюдений на р. Обь и р. Иртыш. Низкое значение ИЗВ говорит о том, что осенний период является наиболее благоприятным для протекания процессов самоочищения воды от тяжелых металлов, что согласуется с полученными значениями самоочищения для осеннего периода.

По сравнению с 2013 г. в 2014 г. наблюдается ухудшение качества воды – значения ИЗВ на класс за данный период выше, чем за 2013 г. по всем точкам отбора (табл. 5), кроме проб, отобранных в черте с. Сытомино и п. Белогорье – на данных участках реки качество воды не изменилось.

Таблица 5
Тенденция изменения качества воды
в р. Обь и р. Иртыш за 2013–2014 гг.

Водный объект, пункт, створ	Год	Качество поверхностных вод		
		ИЗВ	класс качества	тенденция
р. Обь, ниже г. Нижневартовск	2013	5,0	5	ухудшение
	2014	6,7	6	
р. Обь, ниже г. Сургут	2013	5,2	5	ухудшение
	2014	6,6	6	
р. Обь, ниже г. Нефтеюганск	2013	4,9	5	ухудшение
	2014	6,6	6	
р. Обь, в черте с. Сытомино	2013	4,5	5	-
	2014	5,2	5	
р. Обь, в черте п. Белогорье	2013	4,8	5	-
	2014	5,3	5	
р. Обь, ниже пгт. Октябрьское	2013	4,9	5	ухудшение
	2014	6,5	6	
р. Обь, в черте п. Полноват	2013	5,0	5	ухудшение
	2014	6,0	6	
р. Иртыш, в черте п. Горноправдинск	2013	5,7	5	ухудшение
	2014	8,0	6	
р. Иртыш, выше г. Ханты-Мансийск	2013	5,8	5	ухудшение
	2014	7,6	6	
р. Иртыш, ниже г. Ханты-Мансийск	2013	6,1	5	ухудшение
	2014	7,7	6	

На основании полученных результатов, очевидно, что наблюдается ухудшение качества природных вод р. Обь и р. Иртыш на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Возрастание техногенной нагрузки со стороны нефтегазодобывающего комплекса наносит значительный ущерб окружающей среде – об этом говорит увеличение концентраций ионов тяжелых металлов в поверхностных водах.

Выводы

1. С помощью метода ААС были определены концентрации ТМ в р. Обь и р. Иртыш за 2013–2014 гг. Получено, что для ионов железа, цинка и меди характерно превышение ПДК в 100 % случаев, а концентрации ионов

никеля превышают в ПДК в единичных случаях. Показана тенденция к увеличению среднегодовых концентраций ионов железа, марганца и цинка и снижение среднегодовых концентраций ионов меди и никеля.

2. Установлена сезонная динамика ТМ: повышение в весенний период (март–апрель), затем снижение в летне-осенний период (для ионов железа и марганца), характер распределения ионов цинка, меди и никеля не зависит от сезонов года.

3. Рассчитаны ИЗВ за 2013 и 2014 гг. и получено, что значения ИЗВ минимальны в летне-осенний период, а в 2014 г. по сравнению с 2013 г. наблюдается ухудшение качества воды.

4. Рассчитана условная степень самоочищения, отмечено, что наиболее высокие значения СС наблюдаются в осенний период в нижнем течении р. Обь по железу 36 %, а по марганцу 74 %. Максимальные значения СС воды в р. Иртыш для марганца и цинка характерны в осенний период (около 60 %), а для железа в зимний (49 %) и в осенний (31 %) период.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Моисеенко Т.И., Паничева Л.П., Дину М.И., Кремлева Т.А., Фефилов Н.Н. Инактивация токсичных металлов в водах суши гумусовыми веществами // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 5. С. 6–19.
- [2] Жулидов А. В. Физико-химическое и химическое состояние металлов в природных водах: токсичность для пресноводных организмов // Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы. Вып. 1. Л., Гидрометеиздат, 1988. С. 78–82.
- [3] Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 270 с.
- [4] Florence T.M. The speciation of trace elements in waters // Talanta. 1982. Vol. 5. P. 345–364.
- [5] Осанитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2013 году : Государственный доклад. Ханты-Мансийск, 2014. 195 с.
- [6] Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / О.А. Давыдова, Е.С. Климов, Е.С. Ваганова, А.С. Ваганов; под науч. ред. Е.С. Климова. Ульяновск : УлГТУ, 2014. 167 с.
- [7] Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе Югре в 2011 году. Ханты-Мансийск, 2012. 132 с.
- [8] О санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2013 году : Государственный доклад. Ханты-Мансийск, 2014. 195 с.
- [9] Московченко Д. В., Валеева Э. И. Содержание тяжелых металлов в лишайниках на севере Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2011. № 11. С. 162–172.
- [10] Рахманин Ю.А., Боев В.М., Аверьянов В.П., Дунаев В.Н. Химические и физические факторы

- урбанизированной среды обитания. Оренбург, 2004. С. 12–15.
- [11] *Нечаева Е. Г.* Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем. Иркутск : ИГ СО АН СССР, 1985. 209 с.
- [12] *Московиченко Д. В., Бабушкин А. Г.* Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 71–81.
- [13] ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб.
- [14] РД 52.24.377-2008 Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб.
- [15] *Московиченко Д. В.* Антропогенное воздействие на поверхностные воды Ханты-Мансийского автономного округа // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Вып. 6. Тюмень : Изд-во ИПОС СО РАН, 2005. С. 18–27.
- [16] *Валуцкий В. И., Семенова Н. М., Скирина В. С. и др.* О необходимости охраны большого Ва-сюганского болота на Обь-Иртышском водоразделе // География и природные ресурсы. 2000. № 3. С. 32–38.
- [17] *Перельман А. И.* Геохимия. М. : Высш. шк., 1989. 358 с.
- [18] *Нечаева Е. Г.* Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем. Иркутск : ИГ СО АН СССР, 1985. 209 с.
- [19] *Московиченко Д. В., Бабушкин А. Г.* Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 71–81.
- [20] Геохимия окружающей среды / Сает Ю.М., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. М. : Недра, 1990. 335 с.
- [21] *Nriagu J. O., Pacyna J. M.* Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace elements // Nature. 1988. Vol. 333. P. 134–139.
- [22] *Елисеева И. И., Юзбашев М. М.* Общая теория статистики : учебник. Финансы и статистика, 2005. 657 с.
- [23] Справочник по гидрохимии / под ред. А. М. Никанорова. Л. : Гидрометеоиздат, 1988. 391 с.
- [24] РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.