

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ФОНОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

*Д.В. Иванов*

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,  
Россия, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28; *water-rt@mail.ru*

**Резюме.** Современная система экологического мониторинга и алгоритм последующей оценки качества природных сред в Российской Федерации базируются на предельно (ориентировочно) допустимых и фоновых концентрациях загрязняющих веществ. Использование последних на региональном уровне обычно ограничено отсутствием регламентированных значений, разработанных и закрепленных на нормативной основе в установленном законом порядке. В настоящей статье на примере Республики Татарстан анализируются возможности и опыт использования при проведении государственного мониторинга окружающей среды региональных фоновых концентраций тяжелых металлов (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) в почвах и донных отложениях водных объектов. Установление показателей фонового содержания металлов для исследуемых сопряженных сред было выполнено с применением единых методических подходов, учитывающих региональные геохимические особенности территории и необходимость обеспечения сравнимости и воспроизводимости экоаналитических данных, получаемых в процессе мониторинга. Как для почв, так и донных отложений на основе статистического анализа представительных выборок данных способом выделено две литогеохимические группы, достоверно отличающиеся содержанием частиц размером менее 0.01 мм (менее 30% и более 30%), а также валовых (извлекаемых 5 н азотной кислотой) и подвижных форм (извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с pH 4.8) металлов. Средние концентрации металлов в выделенных группах предложено установить в качестве региональных нормативов.

Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан с учетом их гранулометрического состава введены в действие приказом Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан и в настоящее время используются при реализации соответствующих функций по мониторингу и контролю состояния почвенного покрова. Универсальный характер нормативов позволяет применять их для наблюдения и оценки экологического состояния почв всех категорий земель.

Эффективное применение фоновых показателей содержания металлов в составе донных отложений водоемов Республики Татарстан (озер и прудов, рек и водохранилищ) при реализации программ государственного мониторинга в настоящее время ограничено отсутствием документов, регламентирующих саму процедуру установления нормативов содержания загрязняющих веществ, на федеральном и (или) региональном уровнях. Определенное рас-

четным способом среднее содержание тяжелых металлов в осадках рек и водохранилищ, представляющих собой приемники сточных вод различного генезиса, предложено рассматривать как «условный фон», на который в последние десятилетия накладывается результирующая процессов регионального рассеяния загрязняющих веществ. В отличие от почв, при установлении нормативного значения металлов в донных отложениях разнотипных водных объектов обсуждается целесообразность их дифференциации по отдельным металлам с учетом фактической антропогенной нагрузки.

**Ключевые слова.** Мониторинг, региональный фон, тяжелые металлы, почвы, донные отложения.

## REGIONAL BACKGROUND CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN THE SYSTEM OF ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

*D.V. Ivanov*

Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences  
28, Daurskaya str., 420087, Kazan, Russia; [water-rf@mail.ru](mailto:water-rf@mail.ru)

**Summary.** The modern system of environmental monitoring and the algorithm for the subsequent assessment of the quality of natural environments in the Russian Federation are based on the maximum (approximately) permissible and background concentrations of pollutants. The use of the latter at the regional level is usually limited by the absence of regulated values developed and fixed on a regulatory basis in the manner prescribed by law.

In this article, the possibilities and experience of using regional background concentrations of heavy metals (Cd, Pb, Co, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn, Fe) in conducting state environmental monitoring in soils and bottom sediments of water bodies are analyzed on the example of the Republic of Tatarstan. Determination of the background metals content for the studied conjugate media was carried out using uniform methodological approaches that take into account regional geochemical features of the territory and the need to ensure comparability and reproducibility of the ecoanalytical data obtained in the monitoring process. This method was used based on the statistical analysis of representative samples for both soils and bottom sediments to allocate two litho-geochemical groups, significantly differing in the content of particles smaller than 0.01 mm (less than 30% and more than 30%), as well as gross (extracted with 5 N nitric acid) and active forms (extracted by acetate-ammonium buffer with pH 4.8) metals.

The average metal concentrations in the selected groups are proposed to be established as regional standards.

Regional standards for the background content of heavy metals in soils of the Republic of Tatarstan, taking into account their granulometric composition are enforced by the order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan and are currently used in the implementation of relevant

functions for monitoring and control of the soil cover condition. The universal nature of the standards allows them to be used for monitoring and assessing the environmental status of soils of all categories of lands.

The effective use of background metals content in the composition of bottom sediments of water bodies of the Republic of Tatarstan (lakes and ponds, rivers and reservoirs) in implementation of the state monitoring programs is currently limited by the absence of documents regulating the very procedure of establishing standards for the content of pollutants at the federal and / or regional levels.

The average content of heavy metals in the sediments of rivers and reservoirs, which are receivers of sewage of various genesis, determined by the calculation method, is proposed to be considered as a "conditional background", which in recent decades is overlapped with the resultant processes of regional dispersion of pollutants. In contrast to soils, when establishing the normative value of metals in bottom sediments of various types of water bodies, the expediency of their differentiation with respect to individual metals is considered, taking into account the actual anthropogenic load.

**Keywords.** Monitoring, regional background, heavy metals, soils, bottom sediments.

## Введение

Сложившаяся к настоящему времени система оценки качества природных сред в Российской Федерации, базирующаяся на результатах экоаналитического мониторинга и контроля, в определенной мере дуалистична. Эта дуалистичность заключается, во-первых, в возможности использования при оценке уровня химического загрязнения отдельных абиотических компонентов окружающей среды (почв, поверхностных вод, донных отложений) различных нормативных величин, а именно предельно (ориентировочно) допустимых и фоновых концентраций. Следует, правда, отметить, что руководящие документы, регламентирующие процедуру применения тех или иных оценочных показателей (ПДК, ОДК или фон), предлагают использование геохимического фона только при отсутствии нормативно утвержденных значений. В качестве примера можно привести «Методику исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (2010), которая допускает применение различных нормативов качества (ПДК и ОДК), а при отсутствии таковых – «...значения концентрации этого химического вещества сопредельной территории аналогичного целевого назначения и вида использования, не испытывающей негативного воздействия от данного вида нарушения», т.е., по сути, местного фона. Очевидно, что здесь идет речь только о веществах природного происхождения, и, в первую очередь, о тяжелых металлах. Именно эта группа загрязняющих веществ подлежит приоритетному контролю содержания в почвах, а также в природных водах и атмосферном воздухе. К сожалению, указанная выше методика не отвечает на вопрос об алгоритме совместного использования всех трех групп значений (ПДК, ОДК, фон) в случае полиэлементного загрязнения почв, степень негативного проя-

---

ления которого достаточно часто требуется оценить. Примерно аналогичная ситуация складывается при установлении уровня загрязнения почв, а также донных отложений поверхностных водных объектов нефтепродуктами, так как последние детектируются большинством применяемых в аналитической практике методами как углеводороды без указания на их генезис – природный или техногенный.

Вторая сторона дуалистического характера оценочных критериев непосредственно связана с практикой их применения природоохранными организациями и научным сообществом. Здесь речь идет о возможности или невозможности выбора того или иного значения (концентрации) при расчетах показателей превышения. Государственные службы экологического контроля и мониторинга окружающей среды вынуждены использовать при реализации ими своих функций только официально утвержденные нормативы качества. Это требование сохраняется даже в том случае, если многолетние данные наблюдений указывают на природный характер систематически выявляемого «загрязнения», обусловленного исключительно региональными геохимическими особенностями территории. Так, например, воды р. Казанка (левый приток р. Волга в пределах Республики Татарстан (РТ)) в нижнем течении характеризуются концентрацией сульфатов на уровне 300-600 мг л<sup>-1</sup>, что составляет 3-6 ПДК<sub>рх</sub>. Источником сульфатов являются многочисленные выходы минерализованных подземных вод в бассейне реки и, особенно, воды Голубых озер в окрестностях Казани, где содержание сульфатов достигает 1300 мг л<sup>-1</sup>. Естественно, что при расчетах индексов загрязненности (ИЗВ и УКИЗВ) воды р. Казанка год от года попадают в категорию «грязные», по сути своей таковыми не являясь. Аналогичные примеры можно привести и в отношении четырех металлов – меди, цинка, марганца и железа. Факты превышения рыбохозяйственных ПДК этих металлов в поверхностных водах фиксируются с не меньшей систематичностью и формируют «комплексный характер» загрязненности рек и водохранилищ России. Справедливо будет отметить, что всё перечисленное неоднократно становилось предметом подробного анализа и обоснованной критики со стороны научного сообщества (Моисеенко и др., 2012; Чернова, Бекецкая, 2011; Степанова и др., 2015), однако реального продвижения в сторону универсализации и «регионализации» нормативов качества окружающей среды до настоящего времени мы не наблюдаем.

Вместе с тем, в ряде субъектов РФ накоплен положительный опыт не только научной проработки, но и утверждения органами исполнительной власти региональных нормативов качества почв и донных отложений. Это, в частности, нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ (ДОСНП), принятые в 8 регионах России. В отношении донных отложений, для которых отсутствуют федеральные ПДК, можно привести пример региональных нормативов, установленных для водных объектов Санкт-Петербурга (Нормы ..., 1996).

Практика разработки региональных нормативов качества природных сред, имеющаяся в РТ, свидетельствует об экологической и экономической эффек-

тивности применения фоновых концентраций в природоохранной практике. В настоящей статье анализируется опыт разработки региональных фоновых нормативов качества почв и донных отложений по содержанию тяжелых металлов.

### Методы и материалы

Исследования, направленные на установление региональных фоновых концентраций девяти металлов (кадмия (Cd), свинца (Pb), кобальта (Co), меди (Cu), никеля (Ni), цинка (Zn), хрома (Cr), марганца (Mn), железа (Fe)) в почвах и донных отложениях, выполнялись в период с 1999 по 2016 гг. В 2013 г. Министерством экологии и природных ресурсов РТ был разработан порядок установления региональных нормативов качества почв и инициированы исследования по установлению региональных нормативов фонового содержания тяжелых металлов в почвах (Порядок ..., 2013). В соответствии с указанным документом в 2014-2015 гг. был выполнен комплекс почвенно-геохимических исследований территории республики на предмет установления региональных фоновых концентраций металлов в почвах. Почвенный покров РТ представлен довольно широким диапазоном генетических типов: от дерново-подзолистых почв южно-таежной подзоны тайги до типичных черноземов лесостепи (Александрова и др., 2012). Почвообразующая основа также разнообразна и сочетает в себе представительный спектр литологических отложений различных геологических систем. В этой связи при установлении средних концентраций необходимо было объективно оценить параметры природного варьирования содержания металлов в почвах, понимая при этом, что разрабатываемые фоновые показатели одновременно должны быть предельно универсальными для практического их применения.

Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в почвах РТ (валовые и подвижные формы) были получены на основе многофакторного анализа массива геохимических данных ( $n=1500$ ), максимально учитывающих почвенно-геохимическую неоднородность территории республики.

При установлении фоновых концентраций металлов в донных отложениях использовались материалы грунтовых съемок Куйбышевского, Нижнекамского, Заинского и Карабашского водохранилищ, притоков Волги и Камы и более 100 озер республики (Законнов и др., 2007; Иванов и др., 2010, 2011). При этом отбирались как современные (поверхностные) осадки, так и стратифицированные керны донных отложений.

Принципиально важным элементом химико-аналитических исследований, направленных на установление регионального фона металлов в почвах и сопредельных средах РТ, было использование единых методик определения форм металлов в исследуемых депонирующих средах. Связано это с тем, что в широком спектре аттестованных и допущенных для целей экоаналитического контроля методик рекомендуются различные экстрагенты для извлечения металлов из анализируемых проб, а также различные инструментальные методы их определения. Это приводит, с одной стороны, к широкому варьированию фактически определяемых концентраций, иногда достигающих одного

---

порядка, а с другой – к невозможности сопоставления получаемых данных. Вторым обязательным условием при планировании и проведении физико-химических анализов было применение выбранных методик республиканскими природоохранными службами.

Общие (валовые) формы металлов в почвах и донных отложениях определялись путем экстракции 5 н  $\text{HNO}_3$  (РД 52.18.191-89). Подвижные формы металлов извлекали ацетатно-аммонийным буфером с рН 4.8 (РД 52.18.289-90). Измерения концентраций металлов в растворе выполнены атомно-абсорбционным методом на приборе Analyst 400.

С целью оценки влияния факторов, определяющих природные уровни накопления металлов, в исследованных образцах почв и донных отложений выполнено определение содержания органического вещества (ГОСТ 26213-91) и гранулометрического состава (ГОСТ Р 12536-2014).

## Результаты

### *Почвы*

Как и для ориентировочно-допустимых концентраций (ГН 2.1.7.2511-09), базовым показателем для выделения геохимических групп почв РТ, отличающихся между собой фоновыми показателями вариаций металлов, являлся гранулометрический состав, а именно процентное содержание частиц размером менее 0.01 мм. В результате статистической обработки данных, включающей количественную оценку вклада в природный уровень металлов таких факторов как реакция среды, содержание органического вещества и гранулометрический состав выделено две литогеохимические группы почв с содержанием частиц <0.01 мм: от 0 до 30% (I группа) и более 30% (II группа). В пределах этих групп средние (медианные) концентрации валовых и подвижных форм большинства металлов имели статистически достоверные различия (табл. 1). При этом, несмотря на очевидную неоднородность состава и свойств почв легкого и тяжелого гранулометрического состава, по валовым формам Cd и Pb, а также подвижным формам Cd, Co и Ni медианные фоновые концентрации в выделяемых группах почв были статистически были недостоверны ( $p < 0.05$ ), что позволило установить для них единые нормативные значения.

Анализ опубликованной информации о результатах государственного мониторинга почв в регионах РФ, показывает, что определение подвижных форм металлов в почвенном покрове имеет спорадический характер. При этом именно указанные формы потенциально опасными для биоты благодаря высокой миграционной способности и должны подлежать приоритетному экоаналитическому контролю.

Установлено, что для почв легкого гранулометрического состава (I группа) фоновое содержание подвижных форм металлов, а также степень их подвижности в 1.5-2.5 раза выше, чем для почв II группы, что отличает их от валовых форм. Это обусловлено низкой сорбционной емкостью легких почв в сравнении глинистыми и, соответственно, возрастанием доли подвижных соединений металлов в почвенно-поглощающем комплексе. Максимальной подвижно-

стью в обеих геохимических группах почв отличаются Cd (в среднем 22%), Pb (12%) и Mn (8%). На основании полученных данных природоохранным службам республики при осуществлении почвенного мониторинга на региональном уровне даны рекомендации больше внимание уделять определению подвижных форм металлов.

**Таблица 1.** Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в почвах РТ, мг кг<sup>-1</sup> (приказ МЭПР РТ от 30.12.2015 №1134-п)

Металлы	Группа почв		Валовое содержание	Подвижные формы
Cd	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	0.5	0.1
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	0.5	0.1
Pb	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	12	2.0
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	12	1.0
Co	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	8	0.1
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	12	0.1
Cu	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	14	0.4
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	22	0.2
Ni	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	25	1.0
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	45	1.0
Zn	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	40	2.5
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	50	1.0
Cr	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	22	0.6
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	32	0.3
Mn	I	песчаные, супесчаные, легкосуглинистые	570	55
	II	среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	720	45

С точки зрения оптимизации использования нормативов в региональной системе мониторинга и экологического контроля за состоянием почв важно отметить и то обстоятельство, что еще на стадии отбора проб, с целью установления картины пространственного распределения металлов, был учтен такой показатель как характер землепользования. Пробы почв отбирались репрезентативно с учетом соотношения типов земель. В дальнейшем, при

анализе выборок, характеризующих содержание металлов в почвах различных категорий земель, между ними не было установлено статистически достоверных различий. Это позволило распространить региональные нормативы на все их категории, а не только на земли сельскохозяйственного назначения и населенных пунктов как это регламентируют федеральные ПДК (ГН 2.1.7.2041-06) и ОДК (ГН 2.1.7.2511-09).

### *Донные отложения*

Считается, что состав и свойства донных отложений служат интегральным отражением той геохимической ситуации (геохимического фона), которая сформировалась в границах питающего водный объект водосборного бассейна (Перельман, Касимов, 1999). Разнонаправленные миграционные потоки металлов в ландшафтах замыкаются в депонирующих средах, поэтому элементный геохимический спектр донных отложений водоемов сходен с элементным составом почв и почвообразующих пород автономных ландшафтов. Вместе с тем, благодаря процессам ландшафтно-геохимической дифференциации вещества, в донных отложениях накопление отдельных металлов может быть выражено в большей степени, чем в почвах (коэффициент концентрации ( $K_c$ ) выше 1). При этом довольно часто указанный природный фактор оценивают как проявление загрязнения, особенно при сравнении фактически обнаруживаемых в донных отложениях концентрациях металлов с ПДК (ОДК) и региональным фоном в почвах или с глобальными геохимическими показателями (кларками в почвах и литосфере по А.П. Виноградову или по К. Турекиану и К. Ведеполу). В ходе интерпретации получаемых оценочных коэффициентов также совершенно не учитывается, что почвы и донные осадки представляют собой два совершенно разных по структуре и экосистемным функциям природных объекта, хотя и геохимически сопряженных.

С другой стороны, вполне очевидно, что алгоритмы установления фонового уровня химических элементов в почвах и донных отложениях, системно связанных между собой, также как и последующие оценки уровня загрязнения, должны базироваться на единых методических подходах. Основываясь на данном положении, нами был определен региональный фон тяжелых металлов в донных отложениях озер, рек и водохранилищ Татарстана. Исследованные водные объекты были разделены на две группы: озера (включая пруды), а также водохранилища и реки. Последние служат приемниками промышленных и коммунальных сточных вод, содержащих широкий спектр соединений металлов. Поскольку поступление загрязняющих веществ в составе сточных вод для большинства исследованных водных объектов носит многолетний характер, предполагалось, что содержание металлов в донных отложениях рек и водохранилищ может быть несколько выше, чем в озерах.

По аналогии с почвами, для водоемов РТ по результатам статистической обработки геохимических данных выделено две литогеохимические группы донных отложений с содержанием пелитовой фракции ( $<0.01$  мм) до 30% (I группа) и более 30% (II группа) (табл. 2). Согласно принятой классификации (Законнов, 2007), при содержании пелитовых частиц  $>30\%$  отложения отно-



сят к типу глинистых илов, при меньшем содержании – к пескам (0-5%), илистым пескам (5-10%) и песчанистым илам (10-30%). Таким образом, II литогеохимическая группа объединяет три типа донных отложений, отличающихся гранулометрическим составом и своими сорбционными свойствами.

Установлено, что концентрации валовых форм металлов в отложениях, отнесенных по количественному содержанию в них пелитовых частиц ко II группе, в 2-3 раза выше, чем в относительно легких по гранулометрическому составу осадках озер и водохранилищ I группы (табл. 2). Менее контрастное отношение концентраций в сравниваемых группах характерно для Cd и Co, однако и в этом случае выявленные различия также были статистически достоверны ( $p < 0.05$ ): фон этих элементов в глинистых отложениях в 1.3-1.6 раза выше, чем в песках и суглинках.

**Таблица 2.** Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях водных объектов РТ, мг кг<sup>-1</sup>

Металлы	Озера (n=660)		Реки и водохранилища (n=470)		Коэффициент концентрации (Kc)	
	I группа	II группа	I группа	II группа	I группа	II группа
<b>Валовые формы</b>						
Cd	0.23	0.31	0.49	0.74	2.1	2.4
Pb	7.0	14.3	7.9	14.5	1.1	1.0
Co	6.6	10.7	7.3	11.5	1.1	1.1
Cu	7.5	23.0	11.6	27.1	1.5	1.2
Ni	17.0	40.6	30.9	51.9	1.8	1.3
Zn	29.6	65.0	35.7	68.2	1.2	1.0
Cr	13.8	30.1	20.9	40.1	1.5	1.3
Mn	207.2	405.6	324.8	790.3	1.6	1.9
Fe	8850.0	21483.5	6520.0	23401.0	0.7	1.1
<b>Подвижные формы</b>						
Cd	0.08	0.12	0.18	0.37	2.3	3.1
Pb	0.92	1.42	1.53	2.51	1.7	1.8
Co	0.29	0.53	0.37	0.50	1.3	0.9
Cu	0.91	0.96	0.78	1.08	0.9	1.1
Ni	1.13	1.91	0.76	1.46	0.7	0.8
Zn	2.29	3.26	3.04	5.83	1.3	1.8
Cr	0.16	0.39	0.55	0.85	3.5	2.2
Mn	119.4	178.8	217.5	304.6	1.8	1.7
Fe	174.6	215.8	238.5	308.4	1.4	1.4

Будучи обусловлены химическими формами нахождения отдельных металлов и способностью пополнять резерв «мобильных» их соединений при изменении условий среды, вариации подвижных форм металлов в донных отложениях определяются значительно бóльшим числом независимых факто-

ров, чем валовые. Несмотря на это, как и общий пул каждого их исследуемых элементов, фоновое содержание металлов, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером, также показало прямую зависимость от гранулометрического состава: их абсолютные значения увеличивались в тонкодисперсных осадках озер, рек и водохранилищ, относящихся ко II литогеохимической группе. Присутствие же в анализируемой геохимической выборке как поверхностных, так и стратифицированных проб донных отложений дало возможность нивелировать фактор динамичности концентраций подвижных форм и повысить достоверность их среднестатистических фоновых показателей.

Экспертным путем был решен вопрос о целесообразности установления единых фоновых нормативов содержания тяжелых металлов для всей совокупности разнотипных водных объектов РТ. Наличие единого регионального норматива, как это было сделано для почв, значительно упростило бы алгоритм наблюдений и оценки содержания загрязняющих веществ в донных отложениях в рамках государственного мониторинга водных объектов, установленный приказом МПР РФ от 24.02.2014 №112. С этой целью был произведен расчет коэффициентов концентрации каждого из металлов (валовые и подвижные формы) в донных отложениях рек и водохранилищ относительно осадков озер соответствующих литогеохимических групп (табл. 2). Ранжированный ряд валовых форм металлов по мере увеличения коэффициента относительного накопления (учитывались  $K_c \geq 1.5$ ) выглядит следующим образом: Cu-Cr-Mn-Ni-Cd. Для подвижных форм Zn-Mn-Pb-Cd-Cr.

Сравнивая уровни накопления металлов в разнотипных водных объектах в разрезе литогеохимических групп донных отложений (табл. 2), следует отметить, что содержание валовых и подвижных форм соединений Cd, Cr, Mn, а также подвижных форм Fe в реках и водохранилищах РТ оказались существенно выше, чем в отложениях озер. Этот факт можно рассматривать и как косвенное отражение влияния техногенных источников поступления указанных элементов в речные воды. В этом смысле особый интерес представляют показатели относительного накопления в речных и водохранилищных отложениях марганца и железа, сверхнормативные концентрации которых в поверхностных водах, как уже отмечалось, фиксируются региональными службами мониторинга окружающей среды на протяжении последних десятилетий. Такого рода интерес обусловлен сохраняющейся информационной неопределенностью фонового состояния водоемов и водотоков в геохимическом отношении, т.е. отсутствием разработанных фоновых концентраций и возможности их легитимного использования для оценки качества вод природоохранными органами. В частности, для Fe и Mn высказываются обоснованные выводы о высокой миграционной активности их природных соединений в природных средах, формирующей сезонную динамику концентраций растворенных соединений в поверхностных водах суши (Моисеенко и др., 2006).

В среднем содержание валовых форм металлов в донных отложениях рек и водохранилищ I и II геохимических групп были на 40% выше, чем в озерных седиментах, а по подвижным формам эта разница составила 60% (табл. 2). Указанные показатели в первом приближении позволяют оценивать общий

уровень техногенного накопления металлов в водоемах – приемниках сточных вод относительно незагрязненных водных объектов на уровне региона. Естественно, что наибольшее опасение вызывает столь существенное увеличение доли подвижных форм металлов в сравнении с их фоном в донных отложениях, что может быть использовано при принятии соответствующих управленческих решений в отношении организации мониторинга техногенно нагруженных водных объектов и регулирования водопользования на региональном уровне.

Таким образом, в отличие от почв, региональный фоновый уровень металлов в донных отложениях разнотипных водоемов должен быть дифференцирован, что связано с практикой использования рек и водохранилищ в качестве приемников загрязненных промышленных и коммунально-бытовых сточных вод. Однако, по ряду металлов, где статистические различия концентраций были недостоверны, например, по валовым формам Pb и Co и подвижным формам Cu, допустимо будет установить единые нормативные значения. Полученное расчетным способом среднее содержание металлов в речных и водохранилищных отложениях можно рассматривать в качестве «условного фона», включающий в себя как природную, так и наложенную на него антропогенную составляющую как следствие процессов регионального рассеяния загрязняющих веществ.

Использование данных о послойном распределении металлов в кернах донных отложений позволило установить, что процессы накопления поллютантов, поступающих в водные объекты региона из техногенных источников, наиболее активно стали протекать, начиная со второй половины XX в., т.е. на протяжении последних 50-60 лет. Именно в этот период были образованы все водохранилища республики, которые и явились основными аккумуляторами диффузного и сосредоточенного стока и накопителями загрязняющих веществ в составе донных отложений.

Несмотря на отмеченный условный характер сложившегося геохимического фона металлов в донных отложениях наиболее крупных по площади водных объектов Татарстана (малых и средних рек и водохранилищ), на которых расположена основная часть постов наблюдений за качеством поверхностных вод, на данный момент он является отправной точкой для проведения дальнейших наблюдений за природно-антропогенной динамикой химического состояния отдельно взятого объекта.

## Дискуссия

Ещё в 2008 г. на совещании по вопросам повышения экологической и энергетической эффективности экономики России Президентом РФ Д.А. Медведевым была озвучена необходимость подготовки дифференцированной системы нормативов качества воды, воздуха и почв для каждой территории в зависимости от условий в конкретном регионе страны. Анализ современной ситуации, что научные исследования, направленные на установление закономерностей фонового распределения металлов и иных пол-

---

---

лютантов двойного генезиса в компонентах окружающей среды за истекшее десятилетие, или даже раньше, в том или ином объеме реализованы в большинстве субъектов РФ и нашли отражение в публикациях, количество которых измеряется тысячами единиц. Между тем, фактически единственный оставшийся шаг от науки к практике по различным причинам в регионах остается не пройденным. В этом смысле пример РТ и нескольких других субъектов РФ, где успешно на государственном уровне нормативно закреплены и используются региональные нормативы качества природных сред, показывает, что не существует никаких формальных причин для реализации такой процедуры любым органом региональной исполнительной власти, наделенным соответствующими полномочиями. Конечно, методология проведения работ по разработке нормативов качества, использующих фоновое состояние территории как отправную точку в оценке экологического состояния почв, донных отложений, поверхностных вод по уровню химического загрязнения может варьироваться от региона к региону, однако, как минимум, она должна предусматривать определение характера и границ природной вариабельности исследуемых загрязняющих веществ в отдельных средах на основе представительной выборки данных и их статистического и картографического анализа. Опыт Татарстана показывает, что в совокупности с нормативами ДОСНП, утвержденные на региональном уровне нормативы фонового содержания металлов в почвах в настоящее время обеспечивают природоохранные органы республики и другие службы, ответственные за мониторинг и контроль качества природных сред, реальным механизмом для выявления негативных изменений и определения уровня химического загрязнения почв.

Аналогичная возможность эффективного применения фоновых нормативов для оценки качества донных отложений в целях государственного мониторинга и экологического контроля, а также, что немаловажно, для правоприменительной практики в гражданском и уголовном судопроизводстве ограничена отсутствием регламентирующих документов на федеральном уровне. Утвержденные в 2014 году Минприроды России «Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов» действительно ориентируют специалистов на использование фоновых концентраций органических и неорганических загрязняющих веществ. В этой связи хотелось бы понимать, что, опираясь на данное методическое руководство, регионы вправе разрабатывать и утверждать региональные показатели среднего содержания загрязняющих веществ в донных отложениях с учетом геохимических особенностей конкретной территории. Их появление позволит поднять на качественно новый уровень существующую систему наблюдений за состоянием водных объектов и избегать субъективности в оценках реального уровня загрязнения.

---

## Список литературы

Александрова А.Б., Бережная Н.А., Григорьян Б.Р., Иванов Д.В., Кулагина В.И. 2012. Красная книга почв Республики Татарстан /под ред. Д.В. Иванова. – Казань, Фолиант, 192 с.

ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) неорганических химических веществ в почве.

ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ Р 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

Законнов В.В. 2007. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада. – Автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук, М., 52 с.

Законнов В.В., Иванов Д.В., Законнова А.В., Кочеткова М.Ю., Маланин В.В., Хайдаров А.А. 2007. Пространственная и временная трансформация донных отложений водохранилищ Средней Волги. – Водные ресурсы, т. 34, № 5, с. 573-581.

Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. 2010. Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан. – Учен. зап. Казан. гос. ун-та. Сер. Естеств. науки, т. 152, кн. 1, с. 185-191.

Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. 2011. Донные отложения Заинского водохранилища. – Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки, т. 153, кн. 1, с. 190-202.

Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Утв. Приказом Минприроды России от 8.07.2010 г. № 238.

Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. Утв. Приказом Минприроды России от 24.02.2014 № 112.

Моисеенко Т.И., Гашев С.Н., Шалабодов А.Д. 2012. Качество вод и устойчивость экосистем: теоретические и прикладные аспекты исследования. – Вест. Тюмен. гос. ун-та, № 12, с. 6-16.

Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. 2006. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: Технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. – М., Наука, 261 с.

Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Утв. главным государственным санитарным вра-

---

чом по Санкт-Петербургу 1.06.1996 г. и Комитетом по охране окружающей среды и природных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области 22.07.1996 г.

Региональные нормативы «Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Республики Татарстан». Утв. приказом Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 30.12.2015 г. № 1134-п.

Об утверждении методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов. Приказ МПР РФ от 24.02.2014 г. № 112.

Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафта. – М., Астрель-2000, 767 с.

Порядок установления Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан региональных нормативов качества почв. 2013. Утв. приказом Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан от 10.07.2013 г. № 382-п.

РД 52.18.191-89. Методические указания. Методика выполнения массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

РД 52.18.289-90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Румянцев В.А., Поздняков Ш.Р. 2015. Использование интегрального подхода для нормирования качества донных отложений природных вод. – Водные ресурсы, т. 42, № 6, с. 647-656.

Чернова О.В., Бекецкая О.В. 2011. Допустимые и фоновые концентрации загрязняющих веществ в экологическом нормировании (тяжелые металлы и другие химические элементы). – Почвоведение, № 9, с. 1102-1113.

## References

Aleksandrova A.B., Berezhnaia N.A., Grigor'ian B.R., Ivanov D.V., Kulagina V.I. 2012. *Krasnaia kniga pochv Respubliki Tatarstan* [Soils red book of Tatarstan Republic]. Kazan, Foliant Publ., 192 p.

GN 2.1.7.2041-06. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) neorganicheskikh khimicheskikh veshchestv v pochve* [The maximum permissible concentration (MPC) of inorganic chemicals in soil].

GN 2.1.7.2511-09. *Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) tiazhelykh metallov i mysh'iaka v pochve* [Approximate permissible concentration (ODC) of chemical substances in soil].

GOST 26213-91. *Pochvy. Metody opredeleniia organicheskogo veshchestva [Soil. Methods for the determination of organic matter]*.

GOST R 12536-2014. *Grunty. Metody laboratornogo opredeleniia granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava [Soils. Methods for laboratory determination of granulometric (grain) and micro aggregate composition]*.

Zakonov V.V. 2007. *Osadkoobrazovanie v vodokhranilishchakh Volzhskogo kaskada [Sedimentation in reservoirs of the Volga cascade]*. Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, 52 p.

Zakonov V.V., Ivanov D.V., Zakonova A.V., Kochetkova M.Iu., Malanin V.V., Khaidarov A.A. 2007. *Prostranstvennaia i vremennaia transformatsiia donnykh otlozhenii vodokhranilishch Srednei Volgi [Spatial and temporal transformation of bottom sediments of the reservoirs of the Middle Volga]*. *Vodnye resursy – Water resources*, vol. 34, no. 5, pp. 573-581.

Ivanov D.V., Ziganshin I.I., Osmelkin E.V. 2010. *Regional'nye fonovye kontsentratsii metallov v donnykh otlozheniakh ozer Respubliki Tatarstan [Regional background concentrations of metals in the bottom sediments of the lakes of the Republic of Tatarstan]*. *Uchen. zap. Kazan. gos. un-ta. Ser. Estestv. Nauki – Scientists notes of Kazan University. Series of natural sciences*, vol. 152, no. 1, pp. 185-191.

Ivanov D.V., Shagidullin R.R., Ziganshin I.I., Osmelkin E.V. 2011a. *Donnye otlozheniia Zainskogo vodokhranilishcha [Bottom sediments of the Zai reservoir]*. *Uchen. zap. Kazan. un-ta. Ser. Estestv. Nauki – Scientists notes of Kazan University. Series of natural sciences*, vol. 153, no. 1, pp. 190-202.

*Metodika ischisleniia razmera vreda, prichinennogo pochvam kak ob"ektu okhrany okruzhaiushchei sredy [Method of calculating the amount of damage caused to soils as an object of environmental protection]*. Utv. Priказom Minprirody Rossii ot 8.07.2010, no. 238.

*Metodicheskie ukazaniia po osushchestvleniiu gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob"ektov v chasti organizatsii i provedeniia nabludenii za sodержaniem zagriazniaiushchikh veshchestv v donnykh otlozheniakh vodnykh ob"ektov [Methodical instructions for the implementation of the state monitoring of water bodies in the part of organizing and conducting observations of the content of pollutants in bottom sediments of water bodies]*. Utv. Priказom Minprirody Rossii ot 24.02.2014, no. 112.

Moiseenko T.I., Gashev S.N., Shalabodov A.D. 2012. *Kachestvo vod i ustoychivost ekosistem: teoreticheskie i prikladnyie aspekty issledovaniya [Water quality and ecosystem resilience: theoretical and applied aspects of the study]*. *Vestnik Tiimenskogo gos. Universiteta – Messenger of Tyumen State University*, no. 12, pp. 6-16.

---

---

Moiseenko T.I. Kudriavtseva L.P., Gashkina N.A. 2006. *Rasseiannyye elementy v poverkhnostnykh vodakh sushy: Tekhnofil'nost', bioakkumulyatsiya i ekotoksikologiya* [Trace elements in surface waters of the land: Technophilicity, bioaccumulation and ecotoxicology]. Moscow, Nauka Publ., 261 p.

*Normy i kriterii otsenki zagriaznennosti donnykh otlozhenii v vodnykh ob'ektakh Sankt-Peterburga* [Norms and criteria for assessing the contamination of bottom sediments in water bodies of St. Petersburg]. Utv. glavnyim gosudarstvennym sanitarnym vrachom po Sankt-Peterburgu 1.06.1996. i Komitetom po okhrane okruzhaiushchei sredy i prirodnykh resursov Sankt-Peterburga i Leningradskoi oblasti 22.07.1996.

*Regional'nye normativy "Fonovoe sodержanie tiazhelykh metallov v pochvakh Respubliki Tatarstan"* [Regional standards "Background content of heavy metals in the soils of the Republic of Tatarstan"]. Utv. prikazom Ministerstva ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Tatarstan ot 30.12.2015. No. 1134-p.

*Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazanii po osushchestvleniiu gosudarstvennogo monitoringa vodnykh ob'ektov v chasti organizatsii i provedeniia nabludenii za sodержaniem zagriazniayushchikh veshchestv v donnykh otlozheniyakh vodnykh ob'ektov* [On the approval of methodological guidelines for the implementation of state monitoring of water bodies in terms of organizing and conducting observations of the content of pollutants in bottom sediments of water bodies]. Prikaz MPR RF ot 24.02.2014. No. 112.

Perel'man A.I., Kasimov N.S. 1999. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape]. Moscow, Astreia-2000 Publ., 767 p.

*Poriadok ustanovleniia Ministerstvom ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Tatarstan regional'nykh normativov kachestva pochv* [The procedure for the establishment by the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Tatarstan of regional soil quality standards]. Utv. prikazom Ministerstva ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Tatarstan ot 10.07.2013. No. 382-p.

RD 52.18.191-89. *Metodicheskie ukazaniia. Metodika vypolneniia massovoi doli kislotorastvorimykh form metallov (medi, svintsa, tsinka, nikelia, kadmiia) v probakh pochvy atomno-absorbtsionnym analizom* [Technique for the performance of the mass fraction of acid-soluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption analysis].

RD 52.18.289-90. *Metodicheskie ukazaniia. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi doli podvizhnykh form metallov (medi, svintsa, tsinka, nikelia, kadmiia, kobal'ta, khroma, margantsa) v probakh pochvy atomno-absorbtsionnym analizom* [Methodical instructions. Method for performing measurements of the mass fraction of mobile forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium, cobalt, chromium, manganese) in soil samples by atomic absorption analysis].

Stepanova N.Yu., Latyipova V.Z., Rummyantsev V.A., Pozdnyakov Sh.R. 2015. *Ispolzovanie integralnogo podhoda dlya normirovaniya kachestva donnykh otlozheniy prirodnykh vod* [The use of an integrated approach for normalizing the

---



quality of bottom sediments of natural waters]. *Vodnye resursy – Water resources*, vol. 42, no. 6, pp. 647-656.

Chernova O.V., Beketskaya O.V. 2011. Dopustimyye i fonovyye kontsentratsii zagryaznyayuschih veshchestv v ekologicheskom normirovanii (tyazhelye metally i drugie himicheskie elementy). [Permissible and background concentrations of pollutants in environmental standartization (heavy metals and other chemical elements)]. *Pochvovedenie-Soil Science*, no. 9, pp. 1102-1113.

Статья поступила в редакцию: 10.07.2017 г.

После переработки: 10.08.2017 г.