

## ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ КАК МЕРА НОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ СРЕД (ОБЗОР)

Система нормирования качества природных сред в Российской Федерации базируется на установленных санитарно-гигиенических предельно допустимых концентрациях загрязняющих веществ в природных средах: атмосферном воздухе, поверхностных водах и почвах. В расчетах показателей загрязненности почв и донных отложений в мировой природоохранной практике широко используются природные фоновые концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов, относящихся к веществам двойного генезиса. Совершенствование отечественной системы экологического нормирования подразумевает более широкое использование геохимического фона как эффективного критерия оценки антропогенных изменений, фиксируемых в процессе мониторинга и экологического контроля природных сред. В статье рассматриваются зарубежные и отечественные подходы к понятию «фон» и к алгоритмам его определения, имеющие важное практическое значение при организации и проведении эколого-геохимических исследований, а также при выполнении различных оценок уровня загрязнения наземных и водных экосистем в пространственном и временном аспектах.

*Ключевые слова:* нормирование; геохимический фон; загрязнение; почвы; донные отложения, поверхностные воды.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2021.4.55.66>

В научной литературе, нормативных и иных документах, принятых в Российской Федерации и в мировой природоохранной практике, присутствует значительное количество определений термина «фоновая концентрация».

Термин «геохимический фон» пришел в экологию из разведочной геохимии. Х. Хоукс и Дж. Уэбб (Hawkes, Webb, 1962) определили фон как «нормальное содержание элемента в бесплодной минеральной материи». Однако значение геохимического фона в науках об окружающей среде отличается от его традиционного значения (Matschullat et al., 2000). Это различие напрямую связано с характером рассматриваемой геохимической аномалии. В методах геохимической разведки зарегистрированная аномалия (в почвах, растениях, природных водах, донных отложениях) используется при поиске месторождений полезных ископаемых. В геохимических исследованиях окружающей среды одной из основных проблем является выявление антропогенного воздействия, которое проявляется в наличии антропогенной (техногенной) аномалии, поэтому здесь наиболее существенным является установление различий между природными и антропогенными источниками загрязняющих веществ (Gałuszka, Migaszewski, 2011).

Активное внедрение «фона» как геохимиче-

ского эталона природного содержания химических элементов и экологического норматива в национальные системы мониторинга качества окружающей среды происходило в 1970-1990 гг. в Европе, США и Канаде, что позволило сформировать в этих странах эффективную систему контроля и регулирования природопользования, а также понятную и достаточно простую схему оценки уровней загрязнения почв, поверхностных вод, донных отложений на основе фоновых концентраций.

Международной программой геологической корреляции (МППК), созданной в 1972 г. под эгидой Международного союза геологических наук (International Union of Geological Sciences (IUGS)), в 1993 г. была разработана концепция «Глобальных геохимических базовых линий» (Global geochemical baselines). Она предусматривала сбор и систематизацию информации о масштабах распространения в компонентах окружающей среды 86 химических элементов в форме глобальной геохимической базы данных (Global geochemical database) (Darnley et al., 1995).

По определению, «геохимическая базовая линия (geochemical baseline) – это концентрация в определенный момент времени химического параметра (элемента или соединения) в образце геологического материала. Это скорее колеблющаяся

поверхность, чем заданная величина» (Johnson, Ander, 2008).

Величина базовой линии включает в себя природные концентрации (фоновый уровень) и диффузное антропогенное распределение химических элементов.

Расчет геохимического базового уровня подразумевает условия, при которых определенное воздействие человека на окружающую среду уже существует, поэтому, по мнению авторов этой концепции, естественный фоновый геохимический уровень практически установить сложно, если вообще возможно. Последний является лишь мерой, которая используется для дифференциации между концентрацией природного соединения и концентрациями, связанными с антропогенным воздействием в данном образце окружающей среды. Другими словами, фоновая концентрация – это «абсолютный» фон, а базовая линия – «относительный» или «измененный» («ambient background» – в трактовке С. Reimann и R. Garrett (2005)) разнообразной антропогенной деятельностью фон. К. Рейманн и Р. Гарретт также подчеркивали, что при использовании базовых линий не должно создаваться впечатление, что существует единственное число, линия, где фактически существует диапазон значений, характеризующих любую конкретную область или область, отражающую неоднородность окружающей среды. Более того, они в целом не поддерживают использование термина «базовая линия», поскольку, по их мнению, это предполагает, что уровень естественного фона для каждого элемента является постоянным.

Главное, что всегда следует иметь в виду при применении того или иного алгоритма установления фоновых концентраций в качестве экологических нормативов, это то, что естественные фоновые уровни не наносят ущерба экосистеме, поскольку последняя эволюционно адаптировалась к данной геохимической среде. Развивая эту мысль, с точки зрения оценки воздействия тех или иных концентраций на живые организмы, включая человека, можно охарактеризовать фоновые концентрации загрязняющих веществ как «абсолютно безопасные», а предельно и ориентировочно допустимые как «относительно безопасные».

Сегодня в научных кругах широко распространено мнение о том, что «природный фон больше не существует на этой планете» (Reimann, Garrett, 2005). В отношении определенных элементов и соединений это действительно так, поскольку масштабы загрязнения окружающей природной среды с момента начала периода активного ин-

дустриального освоения территорий и эксплуатации природных ресурсов приобрели ко второй половине XX в. глобальный характер. Поэтому проблема поиска *эталона* (фона) практически не имеет решения, в отличие от поиска *стандарта* параметров геохимического состояния той или иной территории.

Количественно базовый уровень содержания загрязняющих веществ в геосредах (породах, почвах, донных отложениях) представляет собой сумму естественного содержания определяемого ингредиента с той техногенной добавкой, которая является следствием глобального либо регионального переноса загрязнений от источников выбросов в окружающую среду:

$$BL = B + A \quad (1),$$

где BL – базовая линия, B – фоновое содержание, A – антропогенный вклад (Matschullat et al., 2000).

Считается (Darnley et al., 1995), что значение базовой линии должно соответствовать статистически значимому отклонению от среднего (фоновому) значения, вдвое превышающему значение стандартного отклонения от среднего для каждого изучаемого элемента или вещества, т.е.  $2\delta$ . Таким образом, формулу (1) можно представить в виде:

$$BL = B + 2\delta \quad (2),$$

где B – фоновое содержание,  $2\delta$  – величина антропогенного вклада.

Фактически, BL – это верхний предел фонового содержания вещества, учитывающий его природные (B) и антропогенные (A) вариации в условиях диффузного загрязнения. Однако в случае отличия распределения исследуемого вещества в природной среде от нормального (что часто наблюдается по результатам геохимической съемки), величины среднего арифметического и  $2\delta$  не могут объективно отражать сложившуюся на той или иной территории фоновую геохимическую ситуацию.

Несмотря на дискуссии вокруг термина «базовые линии», разработка базовых концентраций загрязняющих веществ непосредственным образом стимулировала развитие геохимического подхода в приложении к экологическому нормированию.

В первую очередь, был поставлен вопрос о необходимости стандартизации метрологических процедур, связанных с отбором, пробоподготовкой и инструментальным определением концентраций химических элементов в природных средах.

Геохимическая базовая линия элемента (вещества) X может быть представлена в виде функции (Johnson, Ander, 2008):

$$BL_x = f \{A, B, C, D\} \quad (3),$$

где А – тип исследуемой среды, В – документированный метод отбора проб, С – документированный протокол подготовки образца и D – документированный аналитический метод.

Таким образом, одна базовая линия (фон) может сравниваться с другой, если все используемые при их установлении методы одинаковы.

Другой положительной тенденцией развития системы базовых геохимических линий стало то, что в ряде стран Европы на их основе стали устанавливать стандарты качества почв и донных отложений (например, контрольные уровни и уровни вмешательства) (Bojakowska, 2001; Burton, 2002; Crommentuijn et al., 1997; Derivation methods ..., 2007; Environmental ..., 2013; Geochemical atlas ..., 2005; Lijzen et al., 2001; Soil remediation circular, 2009).

Тем не менее, значительно чаще при оценках состояния компонентов окружающей природной среды отечественными и зарубежными специалистами используются такие термины как «фоновое содержание», «фоновая концентрация», «геохимический фон». Указанные термины были закреплены в международных и федеральных стандартах, однако, в основном по отношению к почвам. Этому есть ряд объяснений. Именно почва, как центральное звено биосферной природно-техногенной миграции химических элементов, принимает и аккумулирует большую часть атмосферных выпадений. Как следствие, она несёт основную информационную нагрузку при определении факторов риска загрязнения сопредельных сред (атмосферы, поверхностных и подземных вод), биоты и при оценке влияния загрязнения на организм человека. Наконец, почва служит основным средством сельскохозяйственного производства, поэтому состояние и уровень загрязнения почвенного покрова влияют на качество выращиваемых культурных растений – главный пищевой ресурс населения Земли.

Концепция использования геохимического фона в приложении к оценке качества окружающей среды активно развивается в XXI веке, когда было опубликовано много обзорных статей и нормативных документов по этой проблеме.

Международный стандарт ISO 19258:2018 содержит следующее определение «фоновой концентрации» (background concentration): это региональная концентрация элемента или вещества в почвах, формирующаяся под влиянием природных и антропогенных диффузных источников. Здесь фоновая концентрация понимается как измененная человеческой деятельностью концентрация вещества, равнозначная рассмотренному

выше критерию «геохимическая базовая линия».

Следует особо подчеркнуть, что данное определение делает акцент на региональном характере фоновых концентраций, подчеркивая необходимость учета пространственных вариаций содержаний элементов и веществ при установлении их нормативных значений в тех или иных средах. Так же, как и геохимические базовые линии, фоновые концентрации должны определяться отдельно для каждого элемента в геологически (геохимически) разных регионах, в противном случае их предельные значения могут оказаться ниже, чем естественные (фоновые) уровни, рассчитанные для территории с большим пространственным охватом.

В руководстве по оценке загрязненных донных отложений, разработанном Агентством по охране окружающей среды США (EPA-905-B02-001-C; Breckenridge, Crockett, 1996), в качестве процедуры определения современных фоновых уровней загрязнителей в седиментах в числе прочих предлагается метод эталонных (референсных) отложений (reference sediment approach), который включает определение региональных фоновых уровней металлов и/или органических загрязнителей в рассматриваемом регионе. Согласно документу, региональные фоновые уровни призваны предоставлять информацию, необходимую для установления современных уровней загрязнителей в составе донных отложений, связанных с деятельностью человека.

Чтобы обозначить накопление вещества в почвах в результате естественных геологических и почвенных процессов, исключая любое добавление антропогенного происхождения, ISO 19258:2018 вводит термин «педогеохимическая концентрация» (pedo-geochemical concentration). Таким образом, педогеохимическая концентрация – это природный фон вещества, а фоновая концентрация – его измененный фон.

В ISO 11074:2015 термину «педогеохимическая концентрация» соответствует термин «природная фоновая концентрация» (natural background concentration) – концентрация вещества, сформировавшаяся под влиянием исключительно природных источников геогенного (литогенного) происхождения.

В западной научной литературе термин «геогенный фон» (geogenic background), предложенный Г. Мюллером (Müller et al., 1969; Müller, 1979; Forstner, Müller, 1981) получил широкое распространение среди специалистов в области геохимии окружающей среды. Сегодня он применяется как референсное значение природных концентраций химических элементов в почвах и

донных отложениях, унаследованное от горных пород земной коры. Для сравнения фактически обнаруживаемых концентраций с геохимическим эталоном (геогенным фоном) используют кларки элементов по Х. Боуэну (Bowen, 1966), К. Турекиану и Л. Ведеполу (Turekian, Wedepohl, 1961; Wedepohl, 1995), С. Тэйлору (Taylor, 1964; Taylor, McLennan, 1985), А.П. Виноградову (1957, 1962), А.А. Беусу (Беус, 1975). Существуют и различные современные оценки глобального содержания элементов, однако они мало чем отличаются от обозначенных выше.

Средний геохимический состав илисто-глинистых седиментов в доиндустриальную эпоху, так называемый «сланцевый стандарт» (shale standard), был рассчитан К. Турекианом и Л. Ведеполом (Turekian, Wedepohl, 1961). Обычно он служит геогенным фоном при оценке антропогенного вклада в химический состав седиментов и наиболее широко распространен в европейских странах. Концепция «среднего глинистого сланца», предложенная этими авторами, базируется на изучении состава тонкодисперсных седиментов различного геологического возраста и происхождения.

В отношении глобального геохимического фона химических элементов существует одно важное замечание: он не может применяться неограниченно в локальных экологических исследованиях, так как носит наиболее общий характер и как правило предназначен только для определенных геохимических построений регионального уровня и выше (Reimann, de Caritat, 2005). Однако, в значительном количестве работ, где требовалось использование местного или регионального фона химических элементов в почвах и донных отложениях, авторы применяли расчеты показателей их накопления по отношению к глобальным концентрациям в литосфере либо осадочных породах, формулируя на их основе не вполне обоснованные заключения о наличии либо об отсутствии загрязнения и степени его проявления.

Анализируя понятийный аппарат, описывающий фоновое химическое состояние почв в Российской Федерации, следует выделить пять определений, которые содержатся в действующих и уже утративших свой юридический статус документах.

1) ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения.

«Фоновое содержание вещества в почве – это содержание вещества в почве, соответствующее ее природному составу».

2) Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами.

Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 27.12.1993 г. №04-25/61-5678.

«Под регионально-фоновым содержанием химических веществ понимается их содержание в почвах территорий, не испытывающих техногенной нагрузки».

3) МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.

«Фоновое содержание (загрязнение) – содержание химических веществ в почвах территорий, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени».

4) СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

«В качестве фоновых значений концентраций химических веществ следует использовать региональные показатели почв».

Из вышедшего ему на замену СанПиН 2.1.3684-21 данное определение было исключено.

5) Положение о разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды (2019).

Нормативы качества устанавливаются на уровне «...показателей природного фона, сформировавшегося под влиянием природных факторов, характерных для конкретной территории, акватории».

Анализ приведенных выше определений показывает, что большинство из них дает однозначную трактовку фона как природной, не измененной диффузным или сосредоточенным загрязнением концентрации вещества в почве. При этом в трех документах (Порядок ..., 1993; СанПиН 2.1.7.1287-03; Положение ..., 2019) подчеркивается региональный характер фоновых значений, которые следует применять при сравнении с фактическими концентрациями элемента (вещества) в образце. И лишь определение фона, данное в МУ 2.1.7.730-99, близко к рассмотренному понятию «базовой линии», поскольку не исключает наличие в почвах веществ, источником которых могла быть антропогенная деятельность. Это связано с тем, что на территории городов, подверженных атмосферному и иным видам загрязнения, достаточно сложно найти фоновые участки на сопряженных территориях для сравнения с фактически наблюдаемыми концентрациями в почвах, как это обычно предписывается. Данную проблему решает наличие регионального фона загрязняющих веществ, установленного на основании изучения концентраций химических элементов и соедине-



ний на природных территориях.

Таким образом, на федеральном уровне приоритет в оценке качества почв на основе фона рекомендуется отдавать концентрациям веществ, отражающим их природное распределение.

Понятийный аппарат, характеризующий фоновое состояние, качественные и количественные показатели состава и свойств донных отложений, пока не получил такого же четкого закрепления в международных и отечественных стандартах в том виде, как это было успешно сделано для почв. В ряде стран установлены национальные стандарты, где содержатся определения интересующих нас понятий (Burton, 2002).

Наиболее детально проработаны стандарты Агентства по охране окружающей среды США (US EPA), включающие подробные алгоритмы определения и практического применения значений регионального фона загрязняющих веществ в почвах и донных отложениях как один из этапов принятия решений о ремедиации и (или) о консервации загрязненных территорий (акваторий).

Согласно стандарту EPA/540/1-89/002:

а) *антропогенный фон (anthropogenic background)* – это концентрации химических веществ, присутствующих в окружающей среде в результате деятельности человека, не связанные с конкретными точечными источниками или выбросами;

б) *природный фон (naturally occurring background)* – это концентрации природных химических веществ в окружающей среде, на которые не повлияла деятельность человека.

Здесь «антропогенный фон» созвучен понятию «базовая линия», означая актуальный уровень содержания загрязняющих веществ в почвах и донных отложениях, сформировавшийся под влиянием неконтролируемого диффузного загрязнения.

В развитие этого и других документов, регулирующих процедуру оценки риска вследствие загрязнения окружающей среды, EPA подготовлены и изданы обстоятельные руководства, пошагово рассматривающие процедуру установления фонового содержания химических элементов на основе статистического и геохимического подходов (Breckenridge, Crockett, 1995). В них подчеркивается, что фоновый участок должен представлять собой территорию, которая является геологически сходной с исследуемой (загрязненной) и имеет сходные биологические, физические и химические характеристики (гранулометрический состав, содержание органического углерода, рН), что и загрязненный участок, а также должен быть выше по течению (при исследовании дон-

ных отложений), или с наветренной стороны (при исследовании почв).

К настоящему времени в различных регионах мира проведены многочисленные исследования для оценки геохимического фона и базовой линии тяжелых металлов и нефтяных углеводородов в почвах и седиментах, а научным сообществом предложено значительное количество определений терминов «фон, фоновое содержание», которые, в сущности, мало чем отличаются от имеющихся официальных трактовок. При этом все исследователи сходятся во мнении, что геохимический фон является той реперной характеристикой, которая должна обеспечить достоверную оценку интенсивности техногенного воздействия, а также выявление природных аномалий, не связанных с деятельностью человека.

Вопросом исчисления геохимического фона веществ в различных природных средах – поверхностных водах, донных отложениях, почвах, растительности, снеговом покрове – задавались и задаются по настоящее время многие авторы (Монахов, 2017; Скакальский, 1996; Сорокина и др., 2007; Matschullat, Ottenstein, Reimann, 2000; и др.), потому что он имеет множество решений, обусловленных спецификой объекта исследования.

Так, по Ю.Е. Саету (Сае и др., 1990), геохимический фон представляет собой среднюю величину природной вариации содержаний химических элементов и устанавливается на территории, где с высоким уровнем надежности «можно предположить отсутствие природных или антропогенных источников поступления химических элементов».

Е.П. Сорокиной (Сорокина и др., 2007) дана формулировка основных представлений о геохимическом фоне и методах его оценки с точки зрения ландшафтно-геохимического подхода. В общем случае геохимический фон – это показатели среднего содержания и варьирования элемента (соединения).

Дж. Матчуллат с соавторами (Matschullat et al., 2000) дали такое определение геохимического фона: это «относительная мера, позволяющая различать концентрации природных элементов или соединений и концентрации, затронутые антропогенными факторами, в реальных выборках». В другом определении, предложенном А. Галушка (Gałuszka, 2007), геохимический фон представляет собой «теоретический естественный диапазон концентрации вещества в природной среде с учетом его пространственной и временной изменчивости».

Н. Шимп с соавторами (Shimp et al., 1971) предложили термин «до-цивилизационный уро-

вень» (*pre-civilizational level*) как естественный уровень содержания загрязняющих веществ в донных отложениях в период, предшествующий началу процесса загрязнения водного объекта.

Впоследствии Л. Хокансон (Håkanson, 1980) рекомендовал рассчитывать уровни загрязнения донных отложений тяжелыми металлами по отношению к «доиндустриальному референсному уровню» (*preindustrial reference level*), под которым он понимал содержание исследуемого элемента в глубоких слоях отложений, образовавшихся до периода начала активного индустриального освоения территории водосбора исследуемого водного объекта или региональные (глобальные) оценки такого фона. Таким образом, «доиндустриальный фон» следует применять в тех случаях, когда можно датировать те или иные природные образования, относящиеся к доиндустриальной эпохе освоения той или иной территории. Чтобы учесть природную вариацию содержания химических элементов, для установления значения доиндустриального фона Л. Хокансон использовал их среднюю концентрацию плюс стандартное отклонение ( $\bar{X}+\delta$ ). Предложенный Хокансоном подход сегодня широко используется для диагностики эколого-геохимического состояния водных объектов на территории не только скандинавских стран, но и озер Кольской Субарктики (Даувальтер, 2000; Даувальтер и др., 2000, 2008, 2009, 2015), различных регионов России (Венедиктова и др., 2014; Левит, Попова, 2019; Никитин, 2012; Соколова, 2015; и др.). Однако использование глубоких слоев отложений или глубоких горизонтов почвы, не подверженных антропогенному воздействию, подвергалось критике в геохимической литературе (Reimann, de Caritat, 2005), потому что обеднение этих геологических структур рядом элементов часто является результатом их природных свойств, а не отсутствием антропогенного загрязнения.

А.В. Караушевым и Б.Г. Скакальским (1978) выделено три вида характеристик фона, созвучные рассмотренным выше определениям природного фона и базовых линий в депонирующих средах (породах, почвах, донных отложениях), по отношению к миграционной среде (воде):

а) *естественный фон* – отражает качество водных масс в фоновом створе, где природные процессы миграции вещества не нарушены деятельностью человека;

б) *измененный фон* – характеризует трансформированные деятельностью человека условия формирования качества вод в пределах всего бассейна или его части либо отражает воздействие диффузных потоков вещества выше рассматрива-

емого створа;

в) *условный фон* – отражает влияние на качество вод и донных отложений всех видов антропогенного воздействия, включая организованные источники загрязнения, но не учитываемых в рассматриваемой конкретной задаче.

Условный фон представляет собой измененный фон, в формировании которого задействованы все источники загрязнения, присутствующие на водосборе и в самом водном объекте.

В отношении качества вод водных объектов Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ разъясняет, что «следует строго разграничивать понятия *фоновых концентраций* и *природного фонового содержания веществ*» (Пояснительная ..., 2014).

*Фоновые концентрации* веществ рассчитываются для конкретного створа водотока в соответствии с РД 52.24.622–2001 «Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков» и используются для нормирования сбросов предприятий-водопользователей. Фоновые концентрации являются количественной характеристикой содержания веществ в этом створе при наиболее неблагоприятных гидрологических условиях или наиболее неблагоприятных в отношении качества воды периодов (сезонов) в годовом цикле под воздействием как природных факторов, так и всех источников загрязнения, расположенных выше рассматриваемого створа. За фоновую концентрацию вещества принимается статистически обоснованная верхняя доверительная граница возможных средних значений концентраций этого вещества при  $p=0.95$ .

*Природное содержание вещества* (природное фоновое содержание вещества) – это значение показателей качества воды, сформировавшееся под влиянием только природных факторов, характерных для конкретного региона, не являющееся вредным для сложившихся экологических систем (Пояснительная ..., 2014).

В письме Росгидромета отмечается, что если в водном объекте под воздействием природных факторов по отдельным веществам превышает ПДК, то для этих водных объектов могут разрабатываться региональные нормы качества воды. В качестве исходных данных при установлении региональных нормативов могут использоваться природные фоновые значения незагрязненных участков водных объектов, особо охраняемых водных объектов, фондовые материалы прошлых лет.

Резюмируя вышесказанное в отношении фонового содержания веществ в поверхностных

водах, следует отметить, что проблема установления в них природного уровня веществ не менее сложна, чем в депонирующих средах. Это связано со значительной сезонной и годовой динамикой элементов и соединений, мигрирующих в природных водах как в растворенной (нормируемой), так и во взвешенной формах. Для установления гидрохимического фона требуются длительные ряды геохимических и гидрологических наблюдений, которые в первом приближении могут обозначить диапазоны колебаний загрязняющих веществ, характерные для исследуемого водного объекта.

Очевидно, что при расчетах фоновых содержания веществ в любых природных средах необходимо исключать из анализируемой выборки установленные или предполагаемые аномальные области (пробы) антропогенного происхождения. Выборка проб для расчета фона должна быть представительной для данной геохимической единицы (Сорокина и др., 2007).

Показатели фона следует рассчитывать для внутренне однородных природных объектов. Так, для донных отложений и почв эта однородность означает их сходные типологические характеристики, выражаемые показателями гранулометрического состава, содержания органического вещества, кислотно-щелочных свойств и определяющие не только естественный фоновый уровень, но и способность к аккумуляции (удерживанию) элементов и соединений, поступающих в природную среду из природных и антропогенных источников.

Не менее существенной является необходимость всестороннего учета неоднородностей фоновых геохимических полей, связанных с латеральной неоднородностью ландшафта.

Фоновая геохимическая структура распределения элементов и соединений в почвенном покрове определяется сложным сочетанием почвообразовательных процессов и факторов, характерных для той или иной природно-географической зоны. Ведущими факторами, управляющим природным накоплением веществ неорганической и органической природы в почвах, является литология почвообразующих отложений и интенсивность пронизывающего их биологического круговорота химических элементов. Почвообразование приводит к радиальному перераспределению элементов по почвенному профилю, а также к латеральной дифференциации уровней их содержания в зависимости от природно-климатических факторов.

В аквальных ландшафтах к факторам неоднородности следует отнести вариации глубины

водного объекта, в зависимости от которых происходят процессы седиментации и переотложения взвешенных веществ, служащих «носителями» элементов и соединений, присутствующих в водной толще. Так, тонкодисперсные осадки обычно формируют зоны аккумуляции на участках русел рек и в водоемах с замедленным течением (прудах и водохранилищах), озерах с глубиной более 5 м, где представлены илами различной степени сортировки. В литеральной зоне водоемов, русловой части равнинных рек обычно откладываются песчаные осадки, обладающие низкой сорбционной и удерживающей способностью, поэтому фоновые концентрации в них металлов и нефтепродуктов обычно кратно, иногда на порядок, ниже, чем в глинистых илах глубоководной зоны одного и того же водного объекта.

Таким образом, в отношении почв и донных отложений один из последовательных этапов установления фоновых содержания в них химических элементов (соединений) сводится к поиску и доказательству геохимической однородности объекта исследования в пределах исследуемого пространства, обозначенного физико-географическими или административными границами.

И.Н. Овчинникова (2003) полагает, что в отличие от предельно допустимой концентрации, значение которой надо доказывать экспериментальным путем и которое содержит в себе элементы относительности, фоновое содержание вещества, хотя также требует определенной последовательности процедур установления, по внутренней своей сущности абсолютно (в пределах региональных колебаний) и аксиоматично, так как определено геохимической историей литосферы Земли и биогеохимической эволюцией той наземной или водной экосистемы, пространственные границы которой определяют возможные вариации природного фона. Верхний и нижний диапазоны фоновых содержания вещества служат той мерой, той нормой, при которой сохраняется существующее данной природной системе качественное состояние.

Различные трактования понятия «геохимический фон» не отменяют необходимости реализации определенной последовательности его установления.

Все известные способы установления геохимического фона можно свести к двум основным: прямым и косвенным.

Прямые, также называемые геохимическими методами, используют средние или медианные значения (фиксированные значения), полученные при исследовании образцов, представляющих доиндустриальный период (исторический аспект)



или собранные в фоновых (незагрязненных) территориях (современный аспект) (Crommentuijn et al., 2000; Baize, Sterckeman, 2001; Horckmans et al., 2005).

Несмотря на определенные трудности, связанные с требованиями сбора массовых данных, прямые методы имеют свои преимущества. Наиболее важным является то, что результаты представляют реальные данные и не подвергаются какой-либо обработке. Противники этих методов находят их непривлекательными из-за субъективных критериев отбора образцов и областей исследования, высоких затрат, большой лабораторной нагрузки и необходимости экспертных знаний (Matschullat et al., 2000).

Косвенные методы, также известные как статистические, используют графические и вычислительные методы для исключения выбросов из распределения результатов химического анализа. Преимущества статистического подхода лежат в его методологии – надежной, четкой и точной.

Исторически, первая формула для оценки геохимического фона представляла собой среднее плюс два стандартных отклонения ( $\bar{x} \pm 2\delta$ ) (Hawkes, Webb, 1962). Эта формула и сегодня широко применяется в эколого-геохимических исследованиях.

В современных косвенных методах можно выделить два подхода. Первый, и наиболее используемый, основан на анализе статистической частоты (Lima, 2008). Другой подход представлен пространственным анализом. В этом типе исследований наиболее важную роль играет визуализация геохимических данных. Анализ геохимических карт позволяет отделить геохимические аномалии от фоновых концентраций.

Противники косвенных методов доказывают, что в этих методах естественные процессы не учитываются в полной мере, аналитические критерии качества не принимаются во внимание при интерпретации результатов, а геохимический фон понимается в смысле традиционного разведочного и поискового использования. Также подвергается сомнению, что антропогенное воздействие всегда вызывает обогащение окружающей среды тем или иным веществом. Например, некоторые загрязняющие вещества ремобилизуются из почв вследствие антропогенной активности, истощаясь, а не аккумулируясь в этом природном пространстве.

Альтернативный подход к оценке геохимического фона представлен интегрированным методом, что означает, что образцы собираются в чистых районах, а результаты подвергаются статистическим расчетам. Наиболее важным преи-

муществом интегрированного метода является то, что он не требует существенной обработки данных, поскольку образцы, собранные в относительно нетронутых антропогенным воздействием районах, не содержат много выбросов (если таковые имеются) и выражают естественную геохимическую изменчивость. Сегодня интегрированный подход составляют преобладающую часть всех отечественных и зарубежных исследований, направленных на установление фонового содержания веществ в природных средах.

## Литература

1. Беус А.А. Геохимия литосферы. М.: Наука, 1975. 280 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 279 с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. 2-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
4. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. №7. С. 555–571.
5. Даувальтер В.А. Оценка токсичности металлов накопленных в донных отложениях озер // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, №4. С. 469–476.
6. Даувальтер В.А., Канищев А.А. Геоэкологическая обстановка водоемов в зоне влияния ГМК «Печенганикель» // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11, №3. С. 398–406.
7. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А., Денисов Д.В. Тенденции изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях озер Севера Фенноскандии в последние столетия // Тр. Карельского научного центра РАН. 2015. №9. С. 62–75.
8. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Раткин Н.Е. Оценка баланса тяжелых металлов (Ni и Cu) на водосборе субарктического озера (на примере Чунозера) // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, №3. С. 507–515.
9. Даувальтер В.А., Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Сандимиров С.С. Накопление тяжелых металлов в оз. Имандра в условиях его промышленного загрязнения // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, №3. С. 313–321.
10. Караушев А.В., Скакальский Б.Г. Оценка и моделирование качества воды в водоемах // Проблемы современной гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1979. С. 59–75.
11. Левит Р.Л., Попова Т.А. Геохимические показатели экологической опасности загрязнения прибрежных донных осадков восточной части Финского залива тяжелыми металлами // Вода: химия и экология. 2019. №1–2. С. 3–8.
12. Монахов С.К. Что такое фон с точки зрения экологии? // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития. М.: ФГБУ «ИЖГЭ Росгидромета и РАН», 2017. С. 549–550.
13. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 7.02.1999 г.).
14. Никитин О.В. Оценка геоэкологического состояния природно-технической гидросистемы урбанизированной территории и ее нагрузки на Куйбышевское водохранилище: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Казань, 2012. 24 с.
15. Овчинникова И.Н. Экологический риск загрязнения почв. М., 2003. 363 с.
16. Положение о разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды. По-



становление Правительства РФ от 13.02.2019 №149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий».

17. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ от 27.12.1993 г. №04-25/61-5678.

18. Пояснительная записка по вопросам фоновых концентраций и повышенного природного содержания химических веществ (в том числе металлов) в поверхностных водах. Письмо Департамента Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по Уральскому федеральному округу от 29.10.2014 №01-06/377.

19. Сагт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

20. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.

21. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

22. Скакальский Б.Г. Антропогенные изменения химического состава воды и донных отложений в загрязненных водных объектах: Дисс. в виде научн. докл. ... докт. геогр. наук. СПб., 1996. 68 с.

23. Соколова Т.В. Методика интегральной эколого-геохимической оценки донных отложений искусственно созданных водных объектов в условиях природного и техногенного воздействия: Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2015. 23 с.

24. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К., Трихина Н.Ю. Дифференциация геохимического фона природной среды на основе ландшафтно-геохимического районирования территорий // География и природные ресурсы. 2007. №2. С. 143–152.

25. Baize D., Sterckeman T. Of the necessity of knowledge of the natural pedo-geochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements // Science of the total environment. 2001. 264. P. 127–139.

26. Bojakowska I. Criteria for evaluation of water sediments pollution // Polish geological review. 2001. №49. P. 213–219.

27. Bowen H.J.M. Trace elements in biochemistry. London: Academic press, 1966. 274 p.

28. Breckenridge R.P., Crockett A.B. Determination of background concentrations of inorganics in soils and sediments at hazardous waste sites. EPA/540/S-96/500. Engineering Forum Issue. 32 p.

29. Burton G.A. Sediment quality criteria in use around the world // Limnology. 2002. №3. P. 65–75.

30. Crommentuijn T., Polder M.D., van de Plassche E.J. Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for metals, taking background concentrations into account. Report no. 601501 001. Netherland, 1997. 262 p.

31. Crommentuijn T., Sijm D., De Bruijn J., van den Hoop M., van Leeuwen K., van de Plassche E. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations //

Journal of environmental management. 2000. 60. P. 121–143.

32. Darnley A.G., Björklund A., Bølviken B., Gustavsson N., Koval P.V., Plant J.A., Steenfelt A., Tauchid M., Xie X.-J., Garrett R.G., Hall G.E.M. Global geochemical database for environmental and resources management: recommendations for International Geochemical Mapping. Final Report of IGCP Project 259. UNESCO, 1995. 122 p.

33. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization / Ed. C. Carlon. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN, 2007. 306 p.

34. Environmental risks and challenges of anthropogenic metals flows and cycles. Denmark, 2013. 230 p.

35. EPA/540/1-89/002. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. I. Human Health Evaluation Manual (Part A).

36. EPA-905-B02-001-C. A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems. Volume III - Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations.

37. Forstner U., Müller G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact // Geojournal. 1981. P. 417–432.

38. Gałuszka A. Different approaches in using and understanding the term «geochemical background» – practical implications for environmental studies // Polish journal of environmental studies. 2007. V. 16, №3. P. 389–395.

39. Gałuszka A., Migaszewski Z.M. Geochemical background – an environmental perspective // Mineralogia. 2011. V. 42, №1. P. 7–17.

40. Geochemical atlas of Europe. Part 1 – background information, methodology and maps. Espoo, Finland: Geological Survey of Finland, 2005. 526 p.

41. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water resources. 1980. V. 14. P. 975–1001.

42. Hawkes H.E., Webb J.S. Geochemistry in mineral exploration. New York: Harper, 1962. 415 p.

43. Horckmans L., Swennen R., Deckers J., Maquil R. Local background concentrations of trace elements in soils: a case study in the Grand Duchy of Luxemburg // Catena. 2005. 59. P. 279–304.

44. ISO 11074:2015. Soil quality – Vocabulary.

45. ISO 19258:2018. Soil quality – Guidance on the determination of background values.

46. Johnson C.C., Ander E.L. Urban geochemical mapping studies: how and why we do them // Environmental geochemistry and health. 2008. V. 30. P. 511–530.

47. Lijzen J.P.A., Baars A.J., Otte P.F., Rikken M.G.J., Swartjes F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel A.P. Technical evaluation of the intervention values for soil. Sediment and groundwater. RIVM Report 711701. 2001. 147 p.

48. Lima A. Evaluation of geochemical background at regional and local scales by fractal filtering technique: Case studies in selected Italian areas // Environmental Geochemistry. Site characterization, Data Analysis and Case Histories. Amsterdam: Elsevier, 2008. P. 135–152.

49. Matschullat J., Ottenstein C., Reimann C. Geochemical background – can we calculate it? // Environmental geology. 2000. 39(9). P. 990–1000.

50. Müller G. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins – veränderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778–783.

51. Müller G., Putz G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River // Geojournal. 1969. V. 2, №3. P. 108–118.

52. Reimann C., Garrett R.G. Geochemical background – concept and reality // The Science of the total environment. 2005.

350. P. 12–27.

53. Shimp N.F., Schleicher J.A., Ruch R.R., Heck D.B., Leland H.V. Trace element and organic carbon accumulation in the most recent sediments of southern Lake Michigan // Illinois State Geological Survey. Environmental Geology Notes. 1971. №41. 25 p.

54. Soil remediation circular. 2009. 57 p.

55. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in continental crust: a new table // *Geochimica et cosmochimica acta*. 1964. V. 28, Iss. 8. P. 1273–1285.

56. Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell Science Publ., 1985. 330 p.

57. Tomlinson D.C., Wilson J.G., Harris C.R., Jeffrey D.W. Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of a pollution index // *Helgol Meeresuntters*. 1980. V. 33. P. 566–575.

58. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust // *Geological society of America bulletin*. 1961. V. 72. P. 175–192.

59. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust // *Geochimica et cosmochimica acta*. 1995. V. 59, №7. P. 1217–1232.

## References

1. Beus A.A. *Geohimiya litosfery* [Geochemistry of the lithosphere]. Moscow: Nauka, 1975. 280 p.

2. Vinogradov A.P. *Geohimiya redkih i rasseyannykh himicheskikh elementov v pochvah* [Geochemistry of rare and trace chemical elements in soils]. Moscow: AN SSSR, 1950. 279 p.

3. Vinogradov A.P. *Geohimiya redkih i rasseyannykh himicheskikh elementov v pochvah* [Geochemistry of rare and trace chemical elements in soils]. 2-nd ed. Moscow: AN SSSR, 1957. 238 c.

4. Vinogradov A.P. *Srednee sodержanie himicheskikh elementov v glavnykh tipah izverzhennykh gornyykh porod zemnoy kory* [Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust] // *Geohimiya* [Geochemistry]. 1962. No 7. P. 555–571.

5. Dauval'ter V.A. *Ocenka toksichnosti metallov nakoplenykh v donnykh otlozheniyakh ozer* [Assessment of toxicity of metals accumulated in bottom sediments of lakes] // *Vodnye resursy* [Water resources]. 2000. Vol. 27, No 4. P. 469–476.

6. Dauval'ter V.A., Kanishchev A.A. *Geoekologicheskaya obstanovka vodoemov v zone vliyaniya GMK «Pechenganikel'»* [Geocological situation of water bodies in the zone of influence of MMC «Pechenganikel'»] // *Vestnik MGTU* [MGTU Proceedings]. 2008. Vol. 11, No 3. P. 398–406.

7. Dauval'ter V.A., Kashulin N.A., Denisov D.V. *Tendencii izmeneniya sodержaniya tyazhelykh metallov v donnykh otlozheniyakh ozer Severa Fennoskandii v poslednie stoletiya* [Trends in changes in the content of heavy metals in bottom sediments of lakes in the North of Fennoscandia in recent centuries] // *Tr. Karel'skogo nauchnogo centra RAN* [Transactions of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2015. No 9. P. 62–75.

8. Dauval'ter V.A., Kashulin N.A., Sandimirov S.S., Ratkin N.E. *Ocenka balansa tyazhelykh metallov (Ni i Cu) na vodosbore subarkticheskogo ozera (na primere Chunozero)* [Assessment of the balance of heavy metals (Ni and Cu) in the catchment of a subarctic lake (by the example of Chunozero)] // *Vestnik MGTU* [MGTU Proceedings]. 2009. Vol. 12, No 3. P. 507–515.

9. Dauval'ter V.A., Moiseenko T.I., Kudryavceva L.P., Sandimirov S.S. *Nakoplenie tyazhelykh metallov v oz. Imandra v usloviyakh ego promyshlennogo zagryazneniya* [Accumulation of heavy metals in the lake. Imandra in the conditions of its indus-

trial pollution] // *Vodnye resursy* [Water resources]. 2000. Vol. 27, No 3. P. 313–321.

10. Karashev A.V., Skakal'skiy B.G. *Ocenka i modelirovanie kachestva vody v vodoemakh* [Assessment and modeling of water quality in reservoirs] // *Problemy sovremennoy gidrologii* [Problems of modern hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. P. 59–75.

11. Levit R.L., Popova T.A. *Geohimicheskie pokazateli ekologicheskoy opasnosti zagryazneniya pribrezhnykh donnykh osadkov vostochnoy chasti Finskogo zaliva tyazhelymi metallami* [Geochemical indicators of the environmental hazard of pollution of coastal bottom sediments of the eastern part of the Gulf of Finland with heavy metals] // *Voda: himiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology]. 2019. No 1-2. P. 3–8.

12. Monahov S.K. *CHto takoe fon s tochki zreniya ekologii?* [What is a background in terms of ecology?] // *Monitoring sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchej sredy. Osnovnyye rezul'taty i puti razvitiya* [Monitoring of the state and pollution of the environment. Main results and development paths]. M.: FGBU «IKGE Rosgidrometa i RAN», 2017. C. 549–550.

13. MU 2.1.7.730-99. *Gigienicheskaya ocenka kachestva pochvy naselennykh mest* [Hygienic assessment of soil quality in populated areas] (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 7.02.1999).

14. Nikitin O.V. *Ocenka geoekologicheskogo sostoyaniya prirodno-tekhnicheskoy gidrosistemy urbanizirovannoy territorii i ee nagruzki na Kujbyshevskoe vodohranilishche* [Assessment of the geocological state of the natural-technical hydrosystem of an urbanized territory and its load on the Kuibyshev reservoir]: Summary of PhD (Cand. of geogr.). Kazan', 2012. 24 p.

15. Ovchinnikova I.N. *Ekologicheskij risk zagryazneniya pochvy* [Environmental risk of soil pollution] / Moscow, 2003. 363 p.

16. *Polozhenie o razrabotke, ustanovlenii i peresmotre normativov kachestva okruzhayushchej sredy dlya himicheskikh i fizicheskikh pokazatelej sostoyaniya okruzhayushchej sredy. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 13.02.2019 №149 «O razrabotke, ustanovlenii i peresmotre normativov kachestva okruzhayushchej sredy dlya himicheskikh i fizicheskikh pokazatelej sostoyaniya okruzhayushchej sredy, a takzhe ob utverzhdenii normativnykh dokumentov v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy, ustanavlivayushchih tekhnologicheskije pokazateli nailuchshih dostupnykh tekhnologij»* [Regulations on the development, establishment and revision of environmental quality standards for chemical and physical indicators of the state of the environment. Decree of the Government of the Russian Federation of 13.02.2019 No. 149 "On the development, establishment and revision of environmental quality standards for chemical and physical indicators of the state of the environment, as well as on the approval of regulatory documents in the field of environmental protection, establishing technological indicators of the best available technologies."].

17. *Poryadok opredeleniya razmerov ushcherba ot zagryazneniya zemel' himicheskimi veshchestvami* [Procedure for Determining the Amount of Damage from Land Pollution by Chemical Substances]. Pis'mo Ministerstva ohrany okruzhayushchej sredy i prirodnykh resursov RF ot 27.12.1993 №04-25/61-5678.

18. *Poyasnitel'naya zapiska po voprosam fonovykh koncentracij i povyshennogo prirodnogo sodержaniya himicheskikh veshchestv (v tom chisle metallov) v poverhnostnykh vodah* [Explanatory note on background concentrations and elevated natural levels of chemicals (including metals) in surface waters]. Pis'mo Departamenta Federal'noj sluzhby po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy po Ural'skomu federal'nomu okrugu ot 29.10.2014 №01-06/377.

19. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. *Geohimiya okruzhayushchej sredy* [Geochemistry of the environment]. M.: Nedra, 1990. 335 p.

20. SanPiN 2.1.3684–21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskih i sel'skih poselenij, k vodnym ob'ektam, pit'evoj vode i pit'evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, eksploatacii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizacii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatij [Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of the territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, living quarters, the operation of industrial, public premises, the organization and implementation of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures].
21. SanPiN 2.1.7.1287–03. Pochva, oчитка naseleennyh mest, bytovye i promyshlennyye othody, sanitarnaya ohrana pochvy. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu pochvy [Soil, cleaning of populated areas, household and industrial waste, sanitary protection of soil. Sanitary and Epidemiological Requirements for Soil Quality].
22. Skakal'skiy B.G. Antropogennyye izmeneniya himicheskogo sostava vody i donnyh otlozhenij v zagryaznennyh vodnyh ob'ektah [Anthropogenic changes in the chemical composition of water and bottom sediments in polluted water bodies]: DSc (Dr. of Geogr.) thesis. SPb., 1996. 68 c.
23. Sokolova T.V. Metodika integral'noj ekologo-geohimicheskoy ocenki donnyh otlozhenij iskusstvenno sozdannyh vodnyh ob'ektov v usloviyah prirodnoy i tekhnogennogo vozdejstviya [Methodology for the integral ecological and geochemical assessment of bottom sediments of artificially created water bodies under natural and man-made impacts]: Summary of PhD (Cand. of geogr.). Voronez, 2015. 23 p.
24. Sorokina E.P., Dmitrieva N.K., Karpov L.K., Trihalina N.YU. Differenciatsiya geohimicheskogo fona prirodnoy sredy na osnove landshaftno-geohimicheskogo rajonirovaniya territorii [Differentiation of the geochemical background of the natural environment on the basis of landscape-geochemical zoning of the territory] // Geografiya i prirodnye resursy [Geography and natural resources]. 2007. No 2. P. 143–152.
25. Baize D., Sterckeman T. Of the necessity of knowledge of the natural pedo-geochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements // Science of the total environment. 2001. 264. P. 127–139.
26. Bojakowska I. Criteria for evaluation of water sediments pollution // Polish geological review. 2001. №49. P. 213–219.
27. Bowen H.J.M. Trace elements in biochemistry. London: Academic press, 1966. 274 p.
28. Breckenridge R.P., Crockett A.B. Determination of background concentrations of inorganics in soils and sediments at hazardous waste sites. EPA/540/S-96/500. Engineering Forum Issue. 32 p.
29. Burton G.A. Sediment quality criteria in use around the world // Limnology. 2002. No 3. P. 65–75.
30. Crommentuijn T., Polder M.D., van de Plassche E.J. Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for metals, taking background concentrations into account. Report no. 601501 001. Netherland, 1997. 262 p.
31. Crommentuijn T., Sijm D., De Bruijn J., van den Hoop M., van Leeuwen K., van de Plassche E. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations // Journal of environmental management. 2000. 60. P. 121–143.
32. Darnley A.G., Björklund A., Bølviken B., Gustavsson N., Koval P.V., Plant J.A., Steinfeldt A., Tauchid M., Xie X.-J., Garrett R.G., Hall G.E.M. Global geochemical database for environmental and resources management: recommendations for International Geochemical Mapping. Final Report of IGCP Project 259. UNESCO, 1995. 122 p.
33. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization / Ed. C. Carlon. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR 22805-EN, 2007. 306 p.
34. Environmental risks and challenges of anthropogenic metals flows and cycles. Denmark, 2013. 230 p.
35. EPA/540/1-89/002. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. I. Human Health Evaluation Manual (Part A).
36. EPA-905-B02-001-C. A Guidance Manual to Support the Assessment of Contaminated Sediments in Freshwater Ecosystems. Volume III - Interpretation of the Results of Sediment Quality Investigations.
37. Forstner U., Müller G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact // Geojournal. 1981. P. 417–432.
38. Gałuszka A. Different approaches in using and understanding the term «geochemical background» – practical implications for environmental studies // Polish journal of environmental studies. 2007. V. 16, №3. P. 389–395.
39. Gałuszka A., Migaszewski Z.M. Geochemical background – an environmental perspective // Mineralogia. 2011. Vol. 42, No 1. P. 7–17.
40. Geochemical atlas of Europe. Part 1 – background information, methodology and maps. Espoo, Finland: Geological Survey of Finland, 2005. 526 p.
41. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water resources. 1980. Vol. 14. P. 975–1001.
42. Hawkes H.E., Webb J.S. Geochemistry in mineral exploration. New York: Harper, 1962. 415 p.
43. Horckmans L., Swennen R., Deckers J., Maquil R. Local background concentrations of trace elements in soils: a case study in the Grand Duchy of Luxemburg // Catena. 2005. 59. P. 279–304.
44. ISO 11074:2015. Soil quality – Vocabulary.
45. ISO 19258:2018. Soil quality – Guidance on the determination of background values.
46. Johnson C.C., Ander E.L. Urban geochemical mapping studies: how and why we do them // Environmental geochemistry and health. 2008. Vol. 30. P. 511–530.
47. Lijzen J.P.A., Baars A.J., Otte P.F., Rikken M.G.J., Swartjes F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel A.P. Technical evaluation of the intervention values for soil. Sediment and groundwater. RIVM Report 711701. 2001. 147 p.
48. Lima A. Evaluation of geochemical background at regional and local scales by fractal filtering technique: Case studies in selected Italian areas // Environmental Geochemistry. Site characterization, Data Analysis and Case Histories. Amsterdam: Elsevier, 2008. P. 135–152.
49. Matschullat J., Ottenstein C., Reimann C. Geochemical background – can we calculate it? // Environmental geology. 2000. 39(9). P. 990–1000.
50. Müller G. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins – veränderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. S. 778–783.
51. Müller G., Putz G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River // Geojournal. 1969. Vol. 2, No 3. P. 108–118.
52. Reimann C., Garrett R.G. Geochemical background – concept and reality // The Science of the total environment. 2005. 350. P. 12–27.
53. Shimp N.F., Schleicher J.A., Ruch R.R., Heck D.B., Leland H.V. Trace element and organic carbon accumulation in the most recent sediments of southern Lake Michigan // Illinois State Geological Survey. Environmental Geology Notes. 1971. No 41. 25 p.
54. Soil remediation circular. 2009. 57 p.

55. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in continental crust: a new table // *Geochimica et cosmochimica acta*. 1964. Vol. 28, Iss. 8. P. 1273–1285.

56. Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. Oxford: Blackwell Science Publ., 1985. 330 p.

57. Tomlinson D.C., Wilson J.G., Harris C.R., Jeffrey D.W. Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of a pollution index // *Helgol Meeresuntters*. 1980. Vol. 33. P. 566–575.

58. Turekian K.K., Wedepohl K.H. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust // *Geological society of America bulletin*. 1961. Vol. 72. P. 175–192.

59. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust // *Geochimica et cosmochimica acta*. 1995. Vol. 59, No 7. P. 1217–1232.

---

---

**Ivanov D.V. Background concentrations as a measure for regulating the environment quality (review).**

The system for standardizing the quality of natural environments in the Russian Federation is based on the established sanitary and hygienic maximum per-

missible concentrations of pollutants in natural environments: atmospheric air, surface waters and soils. In the calculations of soil and bottom sediment pollution indicators in the world environmental practice, natural background concentrations of heavy metals and oil products related to substances of double genesis are widely used. Improving the domestic system of environmental regulation implies a wider use of the geochemical background as an effective criterion for assessing anthropogenic changes recorded in the process of monitoring and environmental control of natural environments. The article examines foreign and domestic approaches to the concept of «background» and to algorithms for its determination, which are of great practical importance in organizing and conducting ecological and geochemical studies, as well as in performing various assessments of the level of pollution of terrestrial and aquatic ecosystems in spatial and temporal aspects.

*Keywords:* rationing; geochemical background; pollution; soil; bottom sediments, surface waters.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

**Информация о статье / Information about the article.**

Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 30.11.2021

Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 07.12.2021

Принята к публикации / Accepted for publication: 10.12.2021

**Информация об авторах**

Иванов Дмитрий Владимирович, кандидат биологических наук, зам. директора по научной работе, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, 420087, Россия, г. Казань, ул. Даурская, 28, E-mail: water-rf@mail.ru.

**Information about the authors**

Dmitrii V. Ivanov, Ph.D. in Biology, Deputy Director, Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, 28, Daurskaya st., Kazan, 420087, Russia, E-mail: water-rf@mail.ru.