

ВОПРОСЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

УДК 504.064:550.4(571.1)

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Язиков Е.Г.

Предлагаемая методология комплексной эколого-геохимической оценки состояния природной среды территорий со сложным характером техногенного воздействия основывается на принципах комплексного, системного, синхронного и максимально сближенного в пространстве обследования. В исследование вовлекаются наиболее информативные депонирующие среды. Анализ компонентов и пробоподготовка проводится по единым методикам с использованием высокочувствительных аналитических методов. Приводятся результаты исследований, новые методические приемы в оценке природных сред и перспективные направления дальнейших работ.

Введение

В последние годы научными и социальными институтами различных стран среди важнейших глобальных проблем, стоящих перед человечеством, особо выделяется проблема загрязнения окружающей среды. В.И.Вернадский первым обратил внимание на химическую и биогеохимическую сторону антропогенного изменения окружающей среды и его глобальный характер, а А.Е. Ферсман ввел понятие техногенез [1]. В результате техногенного рассеяния химических элементов и их различных соединений вокруг источников загрязнения возникают зоны их аномальных содержаний. Различают аномалии глобального, регионального и локального типа [2]. Основными источниками загрязнения являются предприятия (в % от суммы вклада) – теплоэнергетики (28), цветной (14,4) и черной (7,1) металлургии, машиностроения и металлообработки (9,6), нефтехимии (15,8), производства удобрений (4,1), цемента (9,6), автотранспорт и мусоросжигающие заводы [3].

Автором в ходе многолетних исследований в составе коллектива кафедры полезных ископаемых и геохимии редких элементов под руководством д.г-м.н. Л.П. Рихванова нарабатывался определенный опыт в проведении комплексных эколого-геохимических исследований различных территорий, который включал работы от региональных немасштабных исследований населенных пунктов в зоне воздействия производств Сибирского химического комбината до детальных обследований территорий городов, горно-промышленных предприятий, тепличных хозяйств и полигонов промышленных отходов отдельных предприятий Томской, Кемеровской областей, Алтайского края и Хакасии, городов Томска, Северска, Стрежевого и Междуреченска [4, 5, 6, 7, 8].

В ходе исследований было установлено, что загрязнение территорий имеет, как правило, многофакторный характер и это хорошо демонстрируется на примере Северного промышленного узла г.Томска [4].

Перенос загрязняющих веществ от предприятий в окружающую среду осуществляется главным образом аэрозольным путем. Изучение химического и минерального состава аэрозолей позволяет изучаемые территории дифференцировать по техногенной нагрузке [9, 10].

Воздействие предприятий ядерно-топливного цикла проявляется наличием в природных средах специфических компонентов: U, Th, La, Sm, Eu, Co, Be, Zr и ряда других элементов. Вышефоновые содержания в почвах с превышением регионального фона в два и более раз цезия-137, стронция-90, ртути, фтора и некоторых других элементов. Почвы в зоне влияния резко отличаются по величине отношения урана-238 к урану-235, по отношению тория к урану, а также по наличию большого количества микровключений «горячих частиц» делящихся элементов (уран-235, плутоний-239 и другие), выявляемых методом осколочной радиографии [11].

Техногенное воздействие городов, в пределах которых существуют промышленные комплексы различного типа и масштабов, достаточно существенно и весьма разнообразно. В предлагаемой Н.С.Касимовым и А.И. Перельманом эколого-географической систематике городов используются геохимические принципы [12]. Антропогенные потоки вещества, образующиеся в ходе производственно-бытовой деятельности городского населения, чрезвычайно многообразны, содержат высокие концентрации широкого круга химических элементов, в том числе и токсичных. Специфика загрязнения почво-грунтов территорий областей, городов и районов Сибири имеет свою определенную особенность [6,13].

Воздействие нефтехимического комплекса фиксируется наличием специфических полициклических ароматических веществ [бензол, толуол, бенз(а)пирен и другие], а также Br, Sb и различными микробиоценозами (углеводородокисляющие и другие бактерии) [14, 15].

Основным источником азотно-органического и микробиологического загрязнения являются предприятия агрокомплекса. В дифференциации геохимической структуры сельскохозяйственных территорий устанавливается три группы процессов: агрогенные геохимические преобразования, связанные с технологией сельскохозяйственного производства; техногенные преобразования, не вызванные потребностями сельскохозяйственного производства, и природная геохимическая дифференциация [16]. Данная особенность хорошо устанавливается в агроландшафтах Томской области, проявляющаяся в Чаинском районе повышенным содержанием урана, Первомайском – Cr и Кожевниковском – Cu. Особая специализация отмечается по бериллию и литию для почв Зырянского и Первомайского районов [6]. Отмечается сезонная динамика накопления тяжелых металлов Pb, Zn, Ni, Mo и Ba в пахотных почвах сельхозугодий [17].

Значительную долю в загрязнение окружающей среды вносят полигоны и свалки промышленных и твердых бытовых отходов, а также отвалы горно-рудного производства. Существенное воздействие оказывают прямые сбросы производственных отходов, а также утечки из различного рода инженерных сооружений.

Наши исследования показали, что при оценке эколого-геохимического состояния территорий со сложным характером техногенного воздействия должны соблюдаться следующие принципы:

1. Исследования должны выполняться комплексно и базироваться на использовании геохимических, гидрогеохимических, биогеохимических и геофизических методов.

2. Оценку степени загрязненности в различных точках территории необходимо выполнять синхронно (сближенно во времени). При этом, опробование различных природных сред (аэрозоли, снег, почва, биота и другие) следует отбирать в максимально сближенном пространстве.

3. В исследование необходимо вовлекать депонирующие природные среды, способные сохранять загрязняющие вещества в течение длительного времени, а временные интервалы накопления можно достаточно четко устанавливать в этих средах (снег, торф, озерные илы, годовые кольца деревьев, волосы по длине их роста и т.д.).

4. Отбор проб, пробоподготовку и анализ компонентов необходимо проводить по единым методикам с использованием высокочувствительных методов анализа, стандартных образцов и в аттестованных лабораториях. Следует определять максимально возможный комплекс химических компонентов (тяжелые металлы, радиоактивные и редкоземельные элементы, основные органические соединения), газовый и микробиологический состав вод и т.д.

5. Использовать известные геохимические и биоиндикаторные показатели (хромосомные aberrации, микроядерный тест и др.), особенно в районах с наличием радиационных факторов воздействия. Методы биотестирования на предмет содержания мутагенных соединений и обладающих токсическим эффектом.

6. Картографическую привязку точек осуществлять в единой системе координат и создание карт проводить с использованием современных ГИС-технологий.

7. Математическую обработку выявленных геохимических и медико-биологических показателей, создание математической модели «человек – природная среда» и построение моно- и полифункциональных карт осуществлять по единым программам.

1. Методические приемы и методы исследований природно-техногенных систем

Впервые в нашей стране широкие научно-методические и прикладные геохимические исследования урбанизированных территорий были начаты под руководством Ю.Е.Саета в 1976 году [18, 19]. Затем эти методы были использованы при изучении химических элементов в производственных, коммунально-бытовых отходах и средствах химизации сельского хозяйства [20], а также по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков [21] и поверхностных вод [22]. Аналогичный методический подход был применен в исследовании рудных месторождений при проведении геологоразведочных работ для оценки воздействия на окружающую среду горнодобывающих предприятий [23].

В последующие годы большой вклад в совершенствование методики эколого-геохимических исследований и геоэкологического картирования, основанной на теории и методах поисковой геохимии, внесены сотрудниками Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО), Московского государственного университета и многих других научно-исследовательских и производственных организаций. В 1990 году совместными усилиями нескольких организаций под руководством ВСЕГИНГЕО были подготовлены требования к геоэкологическим исследованиям и картографированию разных масштабов от 1:1 000 000 до 1:25 000 [24, 25, 26].

В геохимических исследованиях загрязнения окружающей среды химическими элементами выделяют три основных этапа [16]: 1) начальный – рекогносцировочные исследования геохимических особенностей состояния окружающей среды (рекогносцировочно-геохимические работы); 2) средний (основной) – выделение и оконтуривание на местности антропогенных ореолов рассеяния (геохимическое картирование); 3) завершающий – детальные геохимические и биогеохимические исследования аномалий (детальные эколого-геохимические исследования).

В ходе выполнения работ на территории юга Западной Сибири в условиях различных природных ландшафтов равнинного и горно-долинного типа и с учетом автономно-элювиальных, трансэлювиальных и супераквальных элементарных единиц, а также техногенных ландшафтов выработан определенный комплекс, который включает радиометрические, спектрометрические, снегогеохимические, литогеохимические, гидрогеохимические и биогеохимические исследования.

Выполнение гамма-радиометрической съемки на площади работ позволяет фиксировать радиоактивные аномалии связанные как с небрежным хранением изотопов, так и с использованием для планировки территорий отходов производства с повышенной природной и техногенной природой радиоактивности.

Спектрометрическая съемка позволяет выявлять площади распространения природных радионуклидов (U, Th и K), а также выделять участки неравномерного внесения минеральных калийных удобрений на сельхозполях и выполнять разбраковку минеральных удобрений [27].

Снеговая съёмка позволяет определять уровень запыленности и степень загрязнения в кратковременной деponирующей среде, а литогеохимическая и биогеохимическая съемки фиксируют в долговременной деponирующей среде загрязнения тяжелыми металлами территорий городов, промышленных предприятий и сельхозугодий.

Комплексность и системный подход в изучении природно-техногенных систем изученных территорий сводится к следующему:

1. Региональные внесмасштабные исследования малых населенных пунктов в зоне воздействия предприятий ядерно-топливного цикла.

2. Среднемасштабные исследования урбанизированных территорий средних и малых городов.

3. Крупномасштабные исследования горно-промышленных территорий и территорий сельхозугодий.

5. Детальные исследования тепличных хозяйств.

6. Детальные исследования территорий полигонов промышленных и бытовых отходов, отвальных хозяйств горно-рудных производств и золошлаковых отходов.

Реализуемый в исследовании подход может быть представлен в виде таблицы 1.

Таблица 1

Основные виды и масштабы исследований объектов эколого-геохимической оценки

Объекты изучения	Виды исследования	Масштаб исследования
Территории малых населенных пунктов	Выбор в населенном пункте пяти частных подворий: 1.Размещение площадки исследования размером 10x10 метров на пахотном участке с проведением радиометрических, спектрометрических замеров по конверту и отбором объединенной пробы почвы; 2.Измерение радона в подпольных помещениях; 3.Отбор проб картофеля, молока, воды и снега.	внемасштабные исследования
Территории малых и средних городов	1.Снеговая съемка; 2.Комплексная радиометрическая, спектрометрическая и литогеохимическая съемки; 3.Биогеохимическая съемка; 4.Гидрогеохимические исследования;	1:50 000 1:25 000 1:100 000 внемасштабные
Территории промышленных предприятий	1.Снеговая съемка; 2.Литогеохимическая съемка; 3.Радиометрическая съемка; 4.Спектрометрическая съемка; 5.Радиометрическая и спектрометрическая съемки цехов предприятия; 6.Опробование отходов производства.	1:25 000 1:10 000 1:2 500 1:5 000 1:500 внемасштабные
Территории сельхозугодий	1.Исследования снегового покрова; 2.Спектрометрическая и литогеохимическая съемки; 3.Отбор проб растительной продукции; 4.Исследование контрольных площадок.	внемасштабные 1:10 000 внемасштабные внемасштабные
Территории тепличных хозяйств	1.Радиометрическая и спектрометрическая съемки теплиц; 2.Отбор проб почво-смесей и их исходных компонентов; 3.Отбор проб растительной продукции; 4.Гидрогеохимическое исследование вод.	1:500 внемасштабные внемасштабные внемасштабные
Территории полигонов, отвальных хозяйств и золошлаковых отходов	1.Спектрометрическая съемка отвалов; 2.Отбор проб по выборочным площадкам или с отбором групповых проб; 3.Отбор проб почв из почвенных горизонтов.	1:1000 внемасштабные внемасштабные

Предложенный комплекс исследований необходимо дополнить дистанционными методами, в которые входят лидарное зондирование и интерпретация космических снимков. Лидарное зондирование позволяет вести наблюдение за распределением аэрозоля в воздушных потоках в любое время года, причем интерпретация результатов исследования помогает выделять участки различного техногенного воздействия.

2. Природные среды и их информативность

При геохимическом мониторинге природных сред, исходя из опыта проведения таких работ Саефом Ю.Е. [16], Глазовской М.А. [28], Глазовским Н.Ф. [29], Ковалевским А.Л. [30] и многими другими исследователями, наиболее информативным считается изучение снега, почв, донных отложений, растений и воды. Наряду с традиционным изучением природных сред исследованию подвергались волосы детей и солевые отложения (накипь) из посуды.

Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждаёт из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. Изучение химического состава снежного покрова позволяет выявлять пространственные ареалы загрязнения и количественно рассчитывать реальную поставку загрязняющих веществ в ландшафты в течение периода с устойчивым снежным покровом. Методические приемы по проведению работ рассматриваются в работах Василенко В.Н. и др., [31], Назарова И.М. и др. [32] и методических рекомендациях [18].

Минеральный состав аэрозолей является одним из важных индикаторов источников материала [33], а природная составляющая аэрозолей в виде отношения кварц/полевые шпаты характеризует генезис материала и дальность переноса вещества [34, 35].

Детальное изучение твердого осадка снегового покрова на территориях г.Томска, а также г.Стрежевого, г.Междуреченска и других промышленных предприятий позволили определить уровень пылевой нагрузки и выявить тенденции в накоплении тяжелых металлов и редких земель [7].

Автором в ходе исследований были наработаны определенные методические приемы в обработке проб снега в отличие от соответствующих инструкций и методических рекомендаций [18]. Снеговые пробы согласно инструкции после фильтрации озоляют, тогда как мы в своих исследованиях проводили детальное изучение твердого осадка снега с выделением магнитной, электромагнитной и немагнитной фракций. Изучение загрязнения снегового покрова позволяет установить пылевую нагрузку, а также определить источник загрязнения и зону воздействия предприятий по вещественному составу аэрозольных выпадений.

Детальное изучение твердого осадка снегового покрова помогает выявлять природную и техногенную составляющие различных городских и промышленных территорий [10, 36]. Техногенные составляющие представлены различными образованиями характерными для теплоэнергетических и металлургических комплексов. Диагностика техногенных частиц в виде округлых сферул черного и серого цвета, проведенных в снеге и отходах чугуно-литейного производства, показала их макроскопическую схожесть. Изучая эти образования с помощью лазерного микроанализатора (ЛМА-10), полученные данные подтверждаются на микроэлементном уровне, т.е. черные сферулы в своем составе содержат в преобладающем количестве железо, марганец, титан, алюминий и кремний, а в серых стекловидных частицах отмечаются кремний, магний и алюминий.

Почвенный покров урбанизированных территорий представляет собой сложную природно-антропогенную систему. Продукты техногенеза выпадают на земную поверхность, накапливаются в верхних горизонтах почв, изменяют их химический состав и вновь включаются в природные и техногенные циклы миграции. По характеру геохимического изменения естественных и слабо измененных городских почв относительно фоновых почв региона можно судить о степени их техногенной трансформации. Техногенные ореолы в почвах фиксируют интенсивность загрязнения в течение последних 20-50 лет. Минимальное время формирования достаточно контрастных педогеохимических аномалий зависит от типа воздействия и составляет в среднем 5-10 лет, хотя для отдельных элементов (мышьяк, цинк) это может 1-2 года [12]. Ореолы в почвах более статичны, чем в воздухе, снеге и растениях, так как они способны аккумулировать поллютанты в течение всего периода техногенного воздействия. Аномальные зоны металлов в почвах являются индикаторами техногенного загрязнения и представляют опасность для растений, животных и человека, особенно детей. Материалы исследований почво-грунтов по г.Томску и Томской области представлены в работах Рихванова Л.П. и др.[5, 6, 19].

Растительный покров городов находится под мощным техногенным прессом поллютантов, поступающих в растения из воздуха и загрязненных почв. Растения представляют собой наиболее чувствительный индикатор техногенного изменения состояния городской среды. В атомтех-

ногенных потоках основная масса микроэлементов содержится в аэрозолях, которые выводятся из атмосферы вместе с осадками. Растительный покров является первым экраном на пути осаждения атмосферных выпадений. Металлосодержащие аэрозоли абсорбируются поверхностью листьев (Pb), механическим путем или в растворенном виде проникают в устьица (Zn, Cd). Часть металлов поступает в растения из загрязненных почв. Аккумуляция металлов растениями зависит от особенностей поверхности растения (опушенность листьев, наличие воскового слоя, характера шероховатости, смачиваемости и клейкости), количества атмосферных осадков и физических свойств загрязняющих частиц (размер частиц, их форма и растворимость). Биогеохимическая индикация состояния городской среды в отличие от изучения снежного покрова дает информацию о загрязнении территории преимущественно в теплое время, когда наступает период вегетации растений и достаточно активной водной миграции поллютантов, поступающих в растения из загрязненных почв. Зимой растения выступают только как депонирующие поверхности. Как показали исследования большой группы авторов в городах Тольятти, Братске и Улан-Баторе, одним из эффективных индикаторов загрязнения воздушного бассейна города является кора деревьев, особенно сосны, не имеющая физиологических пределов поглощения для загрязняющих веществ и способная к аккумуляции поллютантов [12]. Кору деревьев можно рекомендовать в качестве универсального биоиндикатора загрязнения в городах. Биогеохимические ореолы в коре сосны гораздо протяженнее и на порядок контрастнее, чем в снеге и почве. В городах Западной Сибири преобладает тополь и были изучены различные части данного растения для территорий различных городов: г.Северск - кора [37] и г.Междуреченск - кора, листья, корни и ветки [38] и промышленных предприятий - кора. На территориях сельхозугодий открытого и закрытого типа изучена растительная продукция.

Атмосферные выпадения характеризуются выбросами вредных веществ в атмосферу в городах, которые составляют сотни и миллионы тысяч тонн в год. Основная масса микроэлементов в атмосфере входит в состав аэрозолей. При этом элементы с относительно высокими кларками – Fe, Mn, Zn, Cr, Cu – связаны, главным образом, с мелко- и крупнодисперсным аэрозолем, а наиболее токсичные элементы с низкими кларками – Cd, Pb, Sb, As, Hg – находятся преимущественно в субмикронной фракции или паро-газовой фазе аэрозоля [16]. В атмосферных осадках преобладают водо-растворимые формы металлов.

Техногенные потоки в водах и донных отложениях имеют важное значение для изучения загрязнения поверхностных и подземных вод промышленными и коммунально-бытовыми стоками. На территории города можно выделить следующие основные направления в оценке загрязнения водных потоков, характеризующие водооборот города как сложную миграционную систему [12]. Первое – определение состава канализационных промышленных и муниципальных стоков как интегральных индикаторов отходов, поступающих в жидком виде в окружающую городскую среду и имеющих различную степень полноты очистки. Второе направление – изучение стоков с территории города, поступающих в канализационную сеть, коллекторные каналы, в отстойники и т.д. Химический состав таких стоков отражает общую картину состояния городской территории. При неблагоприятном состоянии канализации они также могут служить вторичным источником загрязнения, главным образом подземных вод.

Отходы, отвалы промышленного и горно-рудного производства, полигоны промышленных и бытовых отходов, а также золоотвалы, шламоотстойники и хвостохранилища являются как источниками загрязнения, так и потенциальными объектами техногенных местоорождений ценных компонентов.

Наряду с традиционными исследованиями снега, почв, биоты, воды, отходов производства и измерения радона в воздухе, исследованию подвергались волосы детей и солевые отложения (накипь) из посуды.

Солевые отложения представляют собой многомесячный или многолетний сухой остаток из питьевой воды и отражают долговременную картину химического состава используемых вод, а иногда и биологических материалов, используемых для заварки (лист смородины, чага, лекарственные травы и другие составляющие). Опробование проводилось в сельских населенных пунктах Томской области при реализации программы радиационного мониторинга. Полученные исследования показали, что химический состав солевых отложений может выступать наиболее надежным индикатором состояния качества используемых питьевых вод [39].

Предложенный нами [40] подход к выбору наиболее информативных природных сред ранее, дополненный более поздними исследованиями, представлен в таблице 2.

Таблица 2
Основные принципы эколого-геохимической оценки природной среды
(первый этап геохимического мониторинга)

	Цель изучения	Оцениваемые показатели	Представляемый для анализа материал
Снег	Оценка уровня загрязнения атмосферы тяжелыми металлами	Общая запыленность, содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, техногенных радионуклидов и других вредных веществ [бенз(а)пирен, пестициды и др.]	Карта общей запыленности; Карты распределения ТМ; Карта СПЗ снегового покрова
Почва	Оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами за длительный период времени	Определение общей радиоактивности, содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, техногенных радионуклидов и других вредных веществ при необходимости [бенз(а)пирен, пестициды и т.д.]	Карты распределения ТМ, радиоактивности; Карта СПЗ почвы; Разрабатывается экологический стандарт почв региона
Биота	Оценка уровня загрязнения биомассы тяжелыми металлами за длительный период времени	Содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, техногенных радионуклидов и др. вредных веществ при необходимости	Карта распределения ТМ и др. веществ; Карта СПЗ биомассы
Вода	Оценка уровня загрязнения воды тяжелыми металлами на данный момент времени	Содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, техногенных радионуклидов и др. вредных веществ при необходимости	Карты распределения ТМ и др.; Карта СПЗ воды; Разрабатывается экологический стандарт воды региона
Атмосфера	Оценка уровня загрязнения воздуха на момент измерения	Пыль, двуокись серы, окись углерода, двуокись азота, окись азота, аммиак, сероводород, хлор и др. вредные вещества при необходимости	Карты загрязнения воздуха; Карта СПЗ воздуха
Донные отложения	Оценка уровня загрязнения донных отложений тяжелыми металлами за длительный период времени	Определение общей радиоактивности, содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, техногенных радионуклидов и др. вредных веществ при необходимости [бенз(а)пирен, пестициды и т.д.]	Карты распределения ТМ, радиоактивности; Карта СПЗ донных отложений
Солевые отложения	Оценка уровня загрязнения объекта тяжелыми металлами за длительный период времени	Определение общей радиоактивности, содержание не менее 23 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, техногенных радионуклидов и др. вредных веществ при необходимости [бенз(а)пирен, пестициды и т.д.]	Карты распределения ТМ, радиоактивности; Карта СПЗ солевых отложений

Изучение атмосферы (воздух) требует специфических условий проведения исследований и необходимо в дальнейшем вовлечь в процесс эколого-геохимической оценки.

3. Комплекс химико-аналитических методов

Выполнение эколого-геохимических исследований связано с проведением большого объема аналитических работ по определению различных веществ в разнообразных объектах. При этом особо важное значение имеет выбор спектра определяемых компонентов и оценка низких содержаний токсичных и других техногенных элементов-примесей [41].

В ходе выполнения многолетних эколого-геохимических исследований на различных территориях при анализе объектов природной среды изучались не только микроэлементы, которые указаны в ГОСТе 17.4.1.02-83 согласно классов опасности (1 класс- As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn и F, 2 класс- B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr и Cu, 3 класс- Ba, V, W, Mn, Sr), но и элементы, для которых еще слабо изучен как механизм воздействия на организм, так и не установлены ПДК. К таким элементам отнесены в первую очередь редкие, редкоземельные и радиоактивные, имеющие специфичные токсические свойства.

Предлагаемый рациональный комплекс химико-аналитических методов для изучения объектов природной среды включает:

1. Полуколичественный эмиссионно-спектральный анализ на 48 элементов- снег (твердый осадок), почва, растения, донные отложения, солевые отложения (накипь), сухой остаток воды, отходы производства. Данный метод наиболее дешевый и позволяет оценить ориентировочные уровни накопления элементов, которые в последующем требуют количественных методов анализа;

2. Количественное определение Hg атомно-абсорбционным методом «холодного пара» - снег (твердый осадок), почва, растения, донные отложения, солевые отложения (накипь), сухой остаток воды, отходы производства;

3. Количественное определение Li, Be, B, Ni, Mn, Cu, Zn, Ba, Sr, Cr, Zr, V и Sb атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой - снег (твердый осадок), снеготалая вода, почва, растения, донные отложения, вода, сухой остаток воды, отходы производства;

4. Количественное определение Pb, Cd, Co, Tl, As и Se атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией - снег (твердый осадок), снеготалая вода, почва, растения, донные отложения, вода, сухой остаток воды, отходы производства;

5. Количественное определение водной подвижной формы F потенциометрическим методом - снег (твердый осадок), снеготалая вода, почва, растения, донные отложения, вода, сухой остаток воды, отходы производства;

6. Количественное определение группы микроэлементов, в том числе редких, редкоземельных и благородных металлов, многоэлементным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) - снег (твердый осадок), снеготалая вода, почва, растения, донные отложения, сухой остаток воды, отходы производства;

7. Количественное определение подвижных водно- и кислотно-растворимых форм, а также в буферных растворах - породы отвалов, почва, отходы производства;

8. Рентгено-спектральный анализ на U и Th - почва, отходы производства;

9. Лазерно-люминесцентный анализ на U - снег (твердый осадок), снеготалая вода, почва, растения, донные отложения, вода, сухой остаток воды;

10. Электронная микроскопия - атмосферные выпадения, снег (твердый осадок), почва;

11. Рентгено-структурный анализ - атмосферные выпадения, снег (твердый осадок), почва;

12. Биотестирование проб - отвальные породы и отходы производства.

13. Изучение магнитной восприимчивости почв, как обобщенного индикатора загрязнения почв тяжелыми металлами.

Необходимо применить минералого-геохимические исследования для изучения форм нахождения токсичных веществ в природных и техногенных аномалиях для оценки их экологической опасности [42].

Шире использовать радиографические методы для изучения природных сред.

В методику исследования ввести методы биотестирования для аэрозольных выпадений различных фракций, а также почво-грунтов.

4. Результаты исследований

В ходе выполнения комплексных эколого-геохимических исследований на территории г. Стрежевого был выявлен мощный радиоактивный источник (1,5 Р/ч) в зоне отдыха на берегу протоки Пасол. На территории г.Томска при детальном гамма-радиометрических работах в Университетской роще были обнаружены десятки радиоактивных аномалий в отдельных случаях до 10000 мкР/ч. На территории АОЗТ «Рубцовский завод тракторных запасных частей» выявлены аномалии радиоактивности (до 3000 мкР/ч) цезиевой природы, связанные с переработкой не утилизированных радиоактивных источников во вторичном железном ломе поставленных Вторчерметом.

Комплексное обследование населенных пунктов в зоне воздействия производств СХК позволило установить не только техногенный радиационный фактор воздействия по содержанию Cs-137 в почвах (с.с.Наумовка, Георгиевка и др.), но и природный (с.Семеновка) по содержанию урана в воде.

На территории г.Междуреченска установлен основной фактор загрязненности, представленный пылью, откартированы участки максимального загрязнения снегового покрова как под действием котельных города, так и обогащительных фабрик и угольных разрезов., что сказывается особенно на высокую онкозаболеваемость [38].

В ходе исследования установлены ореолы загрязнения тяжелыми металлами снега и почв территорий промышленных предприятий, характеризующиеся высокими содержаниями Cr, Co, Ni и Mo. Установлена зона влияния автотрассы на растительную продукцию совхоза, что сопровождалось превышением ПДК свинца в картофеле, и выявлена зона влияния города на сельскохозяйственные угодья.

Изучение сельхозпредприятий закрытого типа позволило установить факторы воздействия и по содержанию тяжелых металлов выявить теплицы, в которых была нарушена технология дренажного устройства, а в другом случае допущен неконтролируемый переизбыток внесения микроэлементных добавок, что отразилось на содержании Pb, Zn, Cu, Co и Ni в растительной продукции. Часть теплиц были рекомендованы репрофилировать из выращивания овощеводаческой продукции в цветочные.

Детальное изучение техногенных образований в почво-грунтах и изучение микрочастиц с применением лазерного микроанализатора позволяет картировать ореолы загрязнения на городских и промышленных территориях [43].

Для экспрессного анализа определения загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа разработана методика измерения магнитной восприимчивости почв. Выявлены закономерности пространственного распределения магнитной восприимчивости почв и почво-грунтов фоновых и урбанизированных территорий, позволяющие районировать эти территории по степени загрязненности их тяжелыми металлами. Выявлена косвенная связь величины магнитной восприимчивости почв с уровнем заболеваемости детского населения. Полученные положительные результаты позволили разработать способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами, защищенный патентом [44]. Эта же идея также была реализована для оценки загрязненности снегового покрова тяжелыми металлами по величине магнитной восприимчивости проб. Полученные положительные результаты позволили подать заявку на изобретение, как способ определения техногенной загрязненности снегового покрова тяжелыми металлами.

Для объективной оценки состояния природной среды и прогноза заболеваемости рассчитывается суммарный показатель загрязнения (СПЗ) по каждому типу изученной среды [16]. Суммарный показатель загрязнения представляет собой аддитивный показатель коэффициента концентрации химических элементов, который может рассчитываться относительно геохимического кларка ноосферы, предложенного М.А.Глазовской [28] и Н.Ф.Глазовским [29], кларка в земной коре по А.П.Виноградову [45] или геохимического кларка в почвах по Н.Бовен [46]. Представляется целесообразным выбирать отношение элементов-индикаторов, исходя из их антропогенного происхождения. Для крупных регионов могут оказывать эффективными отношения элементов, предложенные Ровинским Ф.Я. и др. [47], характеризующие отдельные отрасли промышленности, например, V/Ni - сжигание нефти; Sb/Se - сжигание угля; As/Cd, Zn/Cu - цветная металлургия; Mn/Cr - черная металлургия; Pb/Se - промышленность в целом и так далее.

Дальнейшую работу, связанную с поиском эффективных индикаторов загрязнения атмосферы, следует проводить с привлечением широкого спектра редких и редкоземельных элементов. Очень полезным может быть совместное использование отношений химических элементов к органическим веществам и к стабильным изотопам.

Получаемая информация в ходе исследования используется для прогнозирования состояния здоровья населения и составления фактических и прогнозных схем заболеваемости [5, 38, 48].

Заключение

Таким образом, для комплексной оценки воздействия на природную среду в природно-техногенной системе необходимо основной акцент исследований сосредоточить на изучение закономерностей проникновения техногенных геохимических потоков по трофическим цепям и установить их влияние на изменение микроэлементного статуса. В ходе исследований необходимо создание индикационной биогеохимической модели «техногенная аномалия – организм человека». Наличие биогеохимических связей в системе «окружающая среда – человек» обосновывает принципиальную возможность перехода к изучению состояния здоровья человека и в последующем к формированию эколого-геохимической модели города, в рамках которой можно провести эколого-геохимическое структурирование территории с выделением групп повышенного риска.

Данный комплекс эколого-геохимических исследований может быть в дальнейшем рекомендован для геохимического мониторинга различных территорий.

Список литературы

1. Ферсман А.Е. Избранные труды. Т. III. – М.: изд. АН СССР, 1955, С. 715.
2. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. - М.: Недра, 1990. – 248 с.
3. Яншин А.Л., Тютюнова Ф.И., Грачевская Е.М. Антропогенное рассеяние природно-концентрированных химических элементов в ландшафтах центральной части европейской территории России. / Глобальные изменения природной среды / Глав. ред.: Н.Л. Добрецов, В.И. Коваленко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1998. – С. 343-347.
4. Экология северного промышленного узла города Томска: проблемы и решения / Под ред. А.М. Адама. – Томск: изд-во ТГУ, 1994. – 260 с.
5. Рихванов Л.П., Нарзулаев С.Б., Язиков Е.Г. и др. Геохимия почв и здоровье детей Томска. – Томск: изд-во ТГУ, 1993. – 142 с.
6. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Грязнов С.А., Сарнаев С.И., Некипелый В.Л., Некипелая С.А. Предварительная оценка уровней накопления тяжелых металлов в почвах бассейна р. Обь / Природокомплекс Томской области. Том 1. Геология и экология / Под ред. А.И. Гончаренко. - Томск: Изд. Том. Ун-та, 1995. - С. 249-259.
7. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Подольская М.В. Особенности эколого-геохимического состояния природных сред населённых пунктов Томской области // Материалы межрегион. научно-практич. конф. «Природа и природопользование на рубеже XXI века». – Омск: Курьер, 1999. – С. 311 – 314.
8. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Шатилов А.Ю. Методика комплексной эколого-геохимической оценки территорий для решения геоэкологических задач // Материалы регион. конф. геологов Сибири Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Томск, 2000. – Т. 2. – С. 246 – 248.
9. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П. Содержание радиоактивных и редкоземельных элементов в аэрозольных выпадениях снегового покрова различных территорий Западной Сибири // Материалы Международ. конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», 22 – 24 мая 1996 г., Томск. – Томск: изд-во ТПУ, 1996. – С. 312- 316.
10. Шатилов А.Ю., Язиков Е.Г. Минералогические исследования твердого осадка снежного покрова урбанизированных территорий бассейна реки Оби. / Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. // Матер. Научн. Конф., посвящ. 120-летию основания ТГУ, 1-4 апреля 1998г., Том 3, Томск, 1998. - С.298-300.
11. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. - Томск, изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.

12. Экогеохимия городских ландшафтов./Под ред. Н.С. Касимова. - М.: Изд-во МГУ, 1995. - 336с.
13. Экогеохимия Западной Сибири /Росляков Н.А., Ковалев В.П., Сухоруков Ф.В. и др. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. - 248 с.
14. Язиков Е.Г., Грязнов С.А. Геохимическая оценка почвенного покрова в районе Томского нефтехимического комбината./Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Матер. Научн. Конф., посвящ. 120-летию основания ТГУ, 1-4 апреля 1998г., Том 3, Томск, 1998. - С.304-306.
15. Yazikov Ye., Rikhvanov L., Gryaznov S., Protopopov N. Assessment of soil contamination near Tomsk Petrochemical Plant./ First Russian SETAC Symposium «Risk Assessment for Environmental Contamination» 14-17 June 1998, Sankt Petersburg-Russia, P.145.
16. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.Н. Янин и др. -М.: Недра, 1990. - 335с.
17. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сарнаев С.И. Содержание тяжелых металлов в почвах. Уч. пособие. - Томск: изд. ТПУ, 1993. - 84 с.
18. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами / Сает Ю.Е. и др. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 112 с.
19. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1985. - 48 с.
20. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. М.: ИМГРЭ, 1982.- 66 с.
21. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами / Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. М.: ИМГРЭ, 1982.
22. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод / Сает Ю.Е., Янин Е.П. М.: ИМГРЭ, 1985. - 48 с.
23. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям рудных месторождений при проведении геологоразведочных работ для оценки воздействия на окружающую среду горнодобывающих предприятий / Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. -М.: ИМГРЭ, 1986. - 98 с.
24. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1000000 - 1:500000. - М.:ВСЕГИНГЕО, 1990. - 41 с.
25. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200000 - 1:100000. - М.:ВСЕГИНГЕО, 1990. - 86 с.
26. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50000 - 1:25000. - М.:ВСЕГИНГЕО, 1990. - 127 с.
27. А.С. 1821703 (РФ). Способ разбавки минеральных удобрений. Томский политехнический институт; Авторы изобретения Рихванов Л.П., Сарнаев С.И., Балабаева Л.М. и др. - Заявл. 11.11.1990, №4901861; Опублик. в Б.И. №22, 1993 г.
28. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - М.: Высш. шк., 1988. - 328 с.
29. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. - М.: Наука, 1982. - С. 86-95
30. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений. -М.: Наука, 1991. - 293с
31. Василенко В.Н., Назаров И.М. и др. Мониторинг загрязнения снежного покрова. -Л.: Гидрометиздат, 1995
32. Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорология и гидрология. - 1978. - С.74-78.
33. Серова В.В. Минералогия золотой и водной взвеси Индийского океана. - М.: Наука, 1988. - 173 с.
34. Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации.//Литология и геохимия. - М.: Наука, 1978. - 392 с.
35. Шевченко В.П., Лисицын А.П., Виноградова А.А., Смирнов В.В., Серова В.В., Штайн Р. Аэрозоли Арктики - результаты десятилетних исследований / Оптика атмосферы и океана. -2000. - 13, № 6-7. - с.551
36. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Ляпунов А.Ю. Состояние окружающей среды в районе территории экспериментального хозяйства Сибирского Ботанического сада. //Материалы конф. «Проблемы геологии Сибири», г.Томск. - Томск: ТГУ, 1996 - Т.2. -С.277-278.
37. Сарнаев С.И., Рихванов Л.П., Мерзляков А.Л. Оценка экологической обстановки в

г.Северске по результатам геохимического исследования природных сред / Природокомплекс Томской области. Том 1. Геология и экология / Под ред. А.И.Гончаренко. - Томск: Изд. Том. Ун-та, 1995. - С. 224-231.

38. Язиков Е.Г., Виснап И.А., Анисимов В.Р. и др. Оценка состояния природных сред урбанизированных территорий геохимическими методами в зоне влияния угледобывающего производства и заболеваемость (на примере г.Междуреченска) // Труды Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию». Т.1. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999. - С. 251-257.

39. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П. Возможность использования солевых отложений в посуде в качестве долговременной депонирующей среды при геохимическом мониторинге // Материалы 3-й Российской биогеохимической школы «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы», 4-8 сентября 2000г. - Новосибирск, 2000. - С.149.

40. Рихванов Л.П., Сарнаев С.И., Язиков Е.Г. Выявление основных источников загрязнения и прогнозирование состояние здоровья населения методами геохимического картирования компонентов природной среды // Тезисы докладов IV объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии, 7-10 сентября 1994 г. Т.2. - Иркутск, 1994. - С. 88-89.

41. Назаренко И.И., Сотсков Ю.П., Кислова И.В., Горбунов А.В. Анализ объектов окружающей среды. – М.: Изд. ВИЭМС, 1989. – 91 с.

42. Минералого-геохимические исследования форм нахождения токсичных веществ в природных и техногенных аномалиях для оценки их экологической опасности. Методические рекомендации №117. НСОММИ, ВИМС, М., 1997. –41с.

43. Язиков Е.Г. Картирование техногенных образований и изучение микрочастиц с применением лазерного микроанализатора // Тезисы докладов IV объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии, 7-10 сентября 1994 г. Т.2. - Иркутск, 1994. - С. 106-107.

44. Патент 2133487 (РФ). Способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель). Томский политехнический университет; Авторы изобретения: Язиков Е.Г., Миков О.А. – Заяв. 08.01.98, №98100689.

45. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / Геохимия. – 1962. - № 7. - С.555-571.

46. Bowen Н. Trace elements in biochemistry. L.: N.Y.: Ac. d. press., 1966

47. Ровинский Ф.Я., Петрухин В.А., Парамонов С.Г., Пелекис Л.Л., Меднис И.В. Оценка антропогенного загрязнения атмосферы с помощью реперных элементов / Тр. III Всесоюзного совещания «Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды». - Л.: Гидрометеозиздат, 1987. - С.4-13.

48. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Миков О.А., Грязнов С.А. Эколого-геохимическая оценка состояния объектов природной среды г.Стрежевого и прогноз заболеваемости детского населения / Матер. Межрегиональной научн.-практ. Конф. 28-29 мая 1998г., Томск-Стрежевой. –1998. - С.190-193.

ELABORATION OF THE METHODOLOGY FOR COMPREHENSIVE ECOLOGICAL-GEO-CHEMICAL EVALUATION OF ENVIRONMENT STATE (BY THE EXAMPLE OF OBJECTS OF WESTERN SIBERIA SOUTH)

E.G. Yazikov

The methodology offered for comprehensive ecological-geochemical evaluation of natural state of territories subjected to complex technogenetic influence is based on principles of inquiry all-round, system, synchronous, and the maximum brought closer together in room. There are the most informative depositing environments that are involved in the inquiry. Components analysis and samples preparation are carried out according to unified method with usage of highly sensitive analytical techniques. The results of studies, new methodical procedures for evaluation of environments and perspective directions for further work are cited.