

**Янин Е.П. Принципы, методы и задачи эколого-геохимических исследований в системе государственного мониторинга геологической среды // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2009, № 5, с. 69–75.**

Государственный мониторинг геологической среды (ГМГС) представляет собой федеральную систему регулярных наблюдений, контроля и оценки состояния геологической среды, прогнозирования ее изменения под воздействием природных и антропогенных факторов. Согласно принятой Концепции ГМГС, утвержденной Приказом Роскомнедра № 117 от 11.07.94 г., геологическая среда включает горные породы (ниже почвенного слоя), циркулирующие в них флюиды и связанные с горными породами и флюидами геофизические поля и геологические процессы [5;6].

Основная функциональная цель ГМГС, являющегося составной частью (подсистемой) Единой государственной системы экологического мониторинга России (ЕГСЭМ), заключается в информационном обеспечении управления государственным фондом недр и государственным водным фондом для обоснования рационального использования и охраны геологической среды с учетом ее взаимодействия с другими компонентами окружающей среды. Это, как отмечается в Концепции, может быть достигнуто только на основе изучения динамики природных и техногенных процессов и явлений, направленного на получение достоверной и своевременной информации, адекватно отражающей условия формирования качества, состояние и тенденции изменения качества окружающей природной среды как в настоящий момент, так и в перспективе. Методология функционирования системы ГМГС во многом базируется на двух важнейших положениях: а) состояние геологической среды в значительной мере формируется под влиянием поверхностных вод, растительности, атмосферных, климатических и техногенных процессов; б) геологическая среда обуславливает состояние сопредельных природных и антропогенных сред. Указанная взаимосвязь и взаимозависимость могут быть установлены и оценены только при сопряженном (многоступенчатом) изучении (мониторинге) всех компонентов природной среды. Это, с одной стороны, требует систематического и междисциплинарного обмена информацией, комплексной обработки ее на основе государственной регламентации информационных потоков; с другой стороны, ГМГС должен обеспечивать решение задач в автономном режиме и содержать необходимые для этой цели данные о состоянии других компонентах окружающей среды в

конкретном населенном пункте, городской агломерации, на отдельной территории, в географическом регионе или в стране в целом.

Многоцелевое назначение информации государственного мониторинга геологической среды обуславливает необходимость разнообразных информационных каналов, связывающих ведение мониторинга с текущим и перспективным планированием рационального размещения и развития производительных сил на территории страны, составлением схем комплексного использования природных ресурсов, управлением фондом недр и регулированием взаимоотношений недропользователей, прогнозированием возникновения кризисных и чрезвычайных ситуаций, природных и природно-техногенных катастроф, оценкой и прогнозированием санитарно-биологической обстановки [5;6].

Существующие системы контроля окружающей среды, основанные на данных многолетних наблюдений на сравнительно немногочисленных постах (пунктах, точках наблюдения), фиксируют общую тенденцию изменения ее состояния, но не дают целостной картины и, главное, не фиксируют территориальную структуру преобразования природной среды. Отсюда возникает необходимость привлечения научно-прикладных дисциплин, обладающих методами и приемами, позволяющими не только статически фиксировать сложившуюся в конкретном районе ситуацию, но и выявлять закономерности пространственно-временной организации природных и природно-техногенных систем различного иерархического уровня. С указанных позиций эффективно применение комплекса эколого-геохимических исследований (геохимического мониторинга).

Информационная сущность эколого-геохимических методов такова, что дает возможность получать информацию как по отдельным природным средам и их компонентам, так и комплексно изучать и оценивать территориальные природно-хозяйственные системы. Важнейшая особенность эколого-геохимической информации - возможность ее пространственного отображения в любом заданном масштабе, что позволяет классифицировать территории по различным признакам и критериям. Не менее важно и то, что исследователь имеет дело с конкретными количественными данными, т.е. содержаниями химических элементов и их соединений, что в принципе позволяет применять любые варианты статистической и математической (компьютерной) обработки информации и ее отображения. Геохимическая информация необходима для характеристики геохимических полей различного иерархического уровня, оценки качества подземных вод, степени загрязнения горных пород вредными веществами, оценки состояния среды в районах месторождений полезных ископаемых, градопромышленных агломераций и населенных пунктов, для разработки долгосрочных и краткосрочных прогнозов

изменения геологической среды, в том числе чрезвычайных ситуаций, связанных с природными и техногенными катастрофами, включая прогнозирование землетрясений, а также для анализа и оценки состояния сопредельных сред, оказывающих первостепенное влияние на геологическую среду. Особое значение геохимическая информация имеет для целей комплексного и специализированного изучения базисного состояния окружающей среды и инвентаризации природных ресурсов на полигонах и других объектах наблюдательной сети ГМГС, в том числе при картировании указанных территорий и составлении элементных и синтетических геохимических и эколого-геохимических карт.

Методология экологической геохимии базируется на важнейших положениях общей геохимии и геохимии ландшафтов: 1) повсеместное распространение химических элементов во всех геосферах; 2) непрерывная миграция химических элементов во времени и пространстве; 3) многообразие видов и форм существования (сосуществования) химических элементов в природе; 4) преобладание рассеянного состояния элементов над концентрированным, особенно характерное для химических элементов с малым кларком и высокой технофильностью; 5) закономерное различие (неоднородность, мозаичность) химического состава глобальной экосистемы Земли (биосферы) в различных местах земной поверхности; 6) зависимость поведения химических элементов от миграционной и геохимической структуры ландшафтов, в свою очередь, подчиненной географической зональности (закону зональности).

Для понимания проблем и задач эколого-геохимического изучения техногенного преобразования окружающей среды важное значение имеют следующие положения (эмпирические обобщения): 1) преобразование природной среды деятельностью человека является геохимическим процессом и имеет глобальный характер; 2) геохимический облик современной биосферы и ее составных частей в значительной степени зависит от биогеохимических функций человечества; 3) изменение химического состава биосферы есть закономерное явление в ее истории, происходящее при участии человека, но независимо от его воли, «стихийно, как природный естественный процесс» (по В.И.Вернадскому); 4) техногенное воздействие является полиэлементным источником загрязнения окружающей среды и приводит к формированию аномальных геохимических полей, фиксируемых прежде всего для химических элементов с высокой технофильностью, повышенной экотоксичностью, высоким уровнем биопоглощения и/или обладающих явной биоактивностью; 5) техногенные процессы способны резко менять поведение химических элементов (соединений), вплоть до появления химических реакций и соединений, чуждых условиям биосферы; 6) человек не только химически изменяет окружающую среду, но и

создает новые типы связанных с ней геологических образований (природно-техногенных тел); 7) техногенное воздействие приводит к резкому возрастанию пространственно-временной неоднородности распределения химических элементов в ландшафтах; 8) техника (как совокупность средств человеческой деятельности) и технология (как совокупность методов производства) уже не могут рассматриваться только лишь как инструмент преобразования окружающей среды, поскольку сами являются окружающей человека средой.

Методические принципы эколого-геохимических исследований основаны на существующих корреляционных связях между распределением химических веществ в воздушных и водных потоках (т.е. в динамичных, транспортирующих поллютанты, природных средах) и их распределением в горных породах, почвах, снеговом покрове, донных отложениях, живых организмах (природных средах и компонентах, временно депонирующих поллютанты и сохраняющих геохимическую информацию о состоянии динамических сред) [8-13].

Важнейшими приемами эколого-геохимических исследований являются [2;8-13]:

- геохимическое картирование, основанное, прежде всего, на опробовании депонирующих поллютанты сред и компонентов;

- методы контроля, основанные на повторных, режимных и непрерывных наблюдениях (измерениях) распределения поллютантов главным образом в динамичных природных средах;

- методы, в основу которых положены разработки биогеохимии, геоигиены и эпидемиологии. Имеющийся опыт свидетельствует о том, что эколого-геохимические исследования на современном этапе являются наиболее эффективными с позиций оценки состояния окружающей среды, особенно в связи с ее техногенным загрязнением.

Поступление химических элементов и их соединений в окружающую среду является неизбежным результатом человеческой деятельности. Дальнейшее распределение (рассеяние) их в среде обитания осуществляется природными факторами миграции, что приводит к формированию в экосистемах техногенных геохимических аномалий (ореолов и потоков рассеяния, т.е. зон загрязнения). Характеристики аномалий - состав, степень концентрирования, формы нахождения и миграции поллютантов, особенности их трансформации и перераспределения, интенсивность биопоглощения - по сути и определяют качество окружающей среды, а в конечном счете и условия существования человека и биосферы в целом. Это во многом и обуславливает общую логику эколого-геохимических исследований, заключающуюся в следующем [8-13]:

- выявление источников и путей поступления загрязнителей в окружающую среду, изучение геохимических ассоциаций, уровней содержания и форм нахождения (миграции) химических элементов в горных породах, рудах, твердых отходах, выбросах, стоках;

- прослеживание путей и способов миграции загрязнителей в окружающей среде, установление природных сред и компонентов, взаимодействующих с миграционными потоками, изучение интенсивности и результатов этого взаимодействия (природных и техногенных геохимических аномалий);

- оценка площади распространения природных и техногенных геохимических аномалий, выявление их морфоструктурных особенностей, центров наиболее интенсивного распространения загрязнителей, характеризующихся максимальным воздействием на живые организмы;

- экологическая оценка выявленных геохимических аномалий,

- прослеживание накопления загрязнителей в трофических цепях, изучение последствий этого накопления.

В настоящее время доказана эффективность, разработаны принципы и технология эколого-геохимических исследований окружающей среды для основных типов природных и природно-техногенных территорий - сельскохозяйственных регионов, городских агломераций, горнопромышленных районов [8-13;15;17;19], в том числе при проведении прикладных работ, связанных с комплексной оценкой состояния окружающей среды конкретных городов [2;7;15;18] и крупных регионов [12;14]. Именно для указанных типов территорий наиболее подробно систематизированы данные по источникам загрязнения, зонам их воздействия, биогеохимическим и биологическим реакциям живых организмов, экологическим и гигиеническим последствиям техногенного загрязнения.

Важным моментом является тот факт, что в настоящее время разработана система разнообразных и достаточно информативных геохимических и эколого-геохимических показателей (частных и интегральных), применяемых при изучении и оценках состоянии окружающей среды [1;3;4;12;19]. В общем случае указанные показатели могут быть объединены в следующие группы:

- характеризующие современное состояние окружающей среды (реальные значения различных геохимических параметров);

- отражающие истинный характер и степень (интенсивность) изменения (отклонения) состояния окружающей среды (сравнение реальных значений геохимических параметров с их фоновыми величинами);

- отражающие характер и степень (опасность) негативных изменений (отклонений) состояния окружающей среды (сравнение реальных значений геохимических параметров с нормативными показателями);

- оценивающие негативные последствия изменений состояния окружающей среды (показатели, характеризующие изменения в состоянии биоты, населения, экосистемы в целом, влияющие на хозяйственную и бытовую деятельность человека).

Сказанное и определяет необходимость включения комплекса эколого-геохимических исследований в структуру ГМГС. Это, в свою очередь, требует разработки общей концепции использования экогеохимических методов в системе ГМГС, обоснования унифицированного комплекса методов геохимического мониторинга и принципов его внедрения и использования в ГМГС. В определенной мере это связано с тем, геохимическая информация, характеризующая качественное состояние геохимических полей и уровень загрязнения среды токсичными элементами, обладает следующими специфическими особенностями, которые могут создавать определенные сложности и которые следует учитывать при организации и проведении мониторинга:

1. Синтетический характер информации, который определяется необходимостью учета всего многообразия условий, явлений и процессов.

2. Аналитический характер информации, который определяется наличием большого объема разнородных и децентрализованных данных, требующих для приведения в сопоставимый вид соответствующей обработки.

3. Оперативный характер информации, обусловленный возможностью быстрого получения конкретных (количественных) данных, часто передаваемых потребителю без должной и необходимой интерпретации, что заметно снижает эффективность их использования.

4. Инерционность получаемой информации, заключающейся в том, что негативные процессы, вызываемые какими-либо возмущениями, часто происходят не сразу, а постепенно (так называемый эффект отставания; в частности, загрязнение почв и поверхностных водотоков в конечном счете приводит к загрязнению грунтовых и подземных вод, поэтому не всегда возможно оценить тенденцию развития состояния подземных вод на основе знания только лишь их химического состава). Именно поэтому основным принципом организации мониторинга геологической среды должна быть многоступенчатость наблюдений и исследований, а также учет эффекта суммарного воздействия множества источников, имеющих территориальный характер, т.е. изменения, происходящие на определенном участке земной коры в любом компоненте, неизбежно скажутся на состоянии системы в целом.

В этой связи необходимо решение следующих основных задач, направленных на обоснование принципов использования, организации и функционирования геохимического мониторинга в рамках ГМГС:

а) задачи, связанные с получением базисной информации на наблюдательной сети ГМГС: 1) разработка методики многоцелевого геохимического картирования на опорных полигонах и объектах ГМГС для целей комплексного и специализированного изучения (оценки) состояния и закономерностей изменения геологической среды под воздействием природных и техногенных факторов; 2) обоснование принципов составления, ведения и представления пользователям элементных и синтетических карт эколого-геохимического состояния геологической среды, включая карты загрязнения горных пород, подземных вод и сопредельных сред; 3) организация опытно-производственных и производственных многоцелевых геохимических исследований на полигонах и других объектах наблюдательной сети ГМГС с целью инвентаризации современного состояния окружающей среды и природных ресурсов; 4) обобщение данных по параметрам фонового распределения химических элементов и соединений для основных объектов мониторинга геологической среды с целью получения объективных нормативных оценок состояния ее в различных регионах страны; 5) обобщение и систематизация существующих нормативных документов, регламентирующих функционирование геохимического блока ГМГС и позволяющих оценить качество и состояние геологической среды и сопредельных сред;

б) задачи, связанные с проведением систематических геохимических наблюдений на объектах наблюдательной сети в соответствии с их статусом (иерархией): 1) обоснование и разработка комплекса режимных наблюдений для характеристики сопряженной системы «атмосфера-почва-горные породы-поверхностные водные объекты-зона аэрации-грунтовые воды-подземные воды»; 2) обоснование и выбор индикаторных компонентов (объектов опробования и/или наблюдения); 3) обоснование и выбор мест отбора проб и наблюдения; 4) обоснование частоты (периодичности) отбора проб и/или наблюдения; 5) выбор исследуемых ингредиентов, требующих тщательного обоснования с позиции индикаторности (информативности) воздействия, индикаторности состояния системы (компонента), значимости самих ингредиентов (сквозной комплекс, специфический комплекс, общие показатели и компоненты, токсичные компоненты, важнейшие эссенциальные элементы и т.п.); 6) обоснование методов наблюдения и отбора проб (гетерогенность и представительность последних, их предварительная обработка, подготовка, условия хранения, опробование с учетом миграционных особенностей и форм нахождения ингредиентов и т.п.);

в) задачи, связанные с химико-аналитическим обеспечением геохимического мониторинга: 1) обоснование и разработка унифицированного плана (программы) необходимых химико-аналитических исследований, учитывающего статус объекта наблюдательной сети, рациональность, экономичность, универсальность, точность и воспроизводимость анализов, необходимую детальность, сопоставимость; 2) обоснование и разработка унифицированного плана аппаратного и приборного оснащения химико-аналитических лабораторий и оперативных подразделений наблюдательной сети ГМГС; 3) разработка системы мероприятий, обеспечивающей гарантию и контроль качества получаемых данных (профессионализм, использование унифицированных методов и лабораторного оборудования, представительность анализируемых проб, периодическая калибровка приборов, использование надежных стандартных образцов, необходимость повторных и контрольных анализов, периодичность проверок);

г) задачи, связанные с обработкой и интерпретацией геохимической информации: 1) унификация комплекса (системы) геохимических показателей, необходимых для оценки состояния, преобразования и развития геологической среды; 2) разработка формы и способов представления геохимической информации на различных уровнях ГМГС; 3) обоснование принципов и организационных подходов информационного взаимодействия геохимического блока ГМГС со смежными федеральными системами мониторинга окружающей среды;

д) задачи, связанные с краткосрочным и долгосрочным прогнозированием изменения геологической среды, в том числе чрезвычайных ситуаций, обусловленных природными и техногенными факторами: 1) систематизация и обоснование применения геохимических показателей для прогноза землетрясений и других природных чрезвычайных ситуаций; 2) разработка системы геохимических критериев отнесения территорий к районам экологического бедствия и экологических катастроф; 3) обоснование принципов и разработка методов применения геохимических исследований при аварийных выбросах и сбросах загрязняющих веществ, а также в районе потенциально опасных объектов; 4) совершенствование методов выявления и прогнозирования эколого-геохимических катастроф на основе создания специализированной экспертной системы.

Таким образом, мониторинг, т. е. комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей, в том числе геологической, среды под влиянием естественных и техногенных факторов, является, прежде всего, информационной системой, основными задачами которой должны быть:

1. Систематическое получение как отдельных, так и обобщенных во времени и пространстве данных о состоянии среды и ее компонентов в связи с природными факторами и техногенным воздействием.

2. Соответствующая интерпретация информационных данных для оценки состояния среды, определения степени влияния вредных воздействий и выявления изменений, выходящих за допустимые пределы, прогноза развития состояния среды в конкретных районах.

3. Обеспечение потребителей систематической (первичной и производной) информацией и прогнозами (краткосрочными и долгосрочными) о состоянии среды и ее отдельных компонентов и экстренной информацией о резких и катастрофических изменениях в ее состоянии.

Комплексный характер задач требует соответствующего подхода к их решению. Естественно, что каждая наука (научная дисциплина) должна и имеет право изучать проблему воздействия человеческой деятельности на окружающую среду со своих специализированных позиций. Тем не менее надежное осуществление ГМГС соответствующих функций не представляется эффективным без использования диагностической и прогностической эколого-геохимической информации.

#### Литература

1. *Авессаломова И.А.* Геохимические показатели при изучении ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 108 с.

2. *Буренков Э.К., Янин Е.П., Кижанкин С.А. и др.* Эколого-геохимическая оценка состояния окружающей среды г. Саранска. - М.: ИМГРЭ, 1993. - 115 с.

3. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - М.: Высшая школа, 1988. - 328 с.

4. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн.: кн. 1: s-элементы. - М.: Недра, 1994. - 304 с.

5. Концепция Государственного мониторинга геологической среды России. - М.: Роскомнедра, 1994.

6. Положение о Государственном мониторинге геологической среды России.- М.: Роскомнедра, 1994.

7. *Приваленко В.В.* Геохимическая оценка экологической ситуации в г. Ростове-на-Дону. - Ростов-на-Дону: Геоинформ, 1993. - 167 с.

8. *Ревич Б.А., Саев Ю.Е., Смирнова Р.С., Сорочкина Е.П.* Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 112 с.

9. Сает Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 73 с.

10. Сает Ю.Е., Башаркевич И.Л., Ревич Б.А. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 66 с.

11. Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий. - М.: ИМГРЭ, 1986. - 99 с.

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

13. Сает Ю.Е., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке состояния поверхностных вод. - М.: ИМГРЭ, 1985. - 48 с.

14. Хованский А.Д., Приваленко В.В. Геохимическая оценка состояния речной системы Нижнего Дона. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1990. - 144 с.

15. Экогеохимия городских ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1995. - 336 с.

16. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. - М.: ИМГРЭ, 1992. - 169 с.

17. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий. - М.: Геоинформмарк, 1993. - 50 с.

18. Янин Е.П. Фтор в питьевых водах города Саранска и его гигиеническое значение. - М.: ИМГРЭ, 1996. - 58 с.

19. Янин Е.П. Геохимические особенности осадков сточных вод промышленного города. - М.: ИМГРЭ, 1996. - 41 с.