

## РОЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ЛИТОСФЕРЫ В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Н.Г. Максимович, С.В. Казакевич

Естественнонаучный институт при Пермском госуниверситете, г. Пермь

E-mail: [mng@psu.ru](mailto:mng@psu.ru), [geol@psu.ru](mailto:geol@psu.ru),

В последние десятилетия загрязнение окружающей среды привело к тому, что во многих регионах экологическая обстановка достигла кризисного состояния. Тенденции к усилению техногенного воздействия требуют более обоснованной оценки экологической обстановки и повышения достоверности прогноза ее изменения. Эти исследования особенно важны в районах размещения предприятий с потенциально высоким уровнем опасности - таких как объекты по уничтожению химического оружия (ОУХО). Федеральная целевая программа «Уничтожение запасов химического оружия в РФ» (1996 г.) предусматривает строительство семи объектов по его ликвидации. Один из них строится в Щучанском районе Курганской области, где размещены 13,6 % от общих запасов химического оружия [28]. На примере этого района рассмотрим связь между эволюцией литосферы и формированием современной экологической обстановки.

***Факторы формирования экологической обстановки.*** Экологическая обстановка территории определяется как совокупность условий и факторов абиотического, биотического и техногенного происхождения, определяющих состояние и процессы в окружающей природной среде. Другими словами экологическая обстановка формируется в результате взаимодействия комплекса условий и факторов природной среды и техногенного воздействия (рис. 1).

Природная среда является важнейшей составной частью окружающей среды, включающей в себя четыре главных компонента – биоту, атмосферу, гидросферу и литосферу. Три последние в этом ряду геосферы образуют биосферу – сложную наружную оболочку Земли, среду обитания биоты.

Среди абиотических факторов, влияющих на формирование экологической обстановки важную роль играют геологические. Литосфера является минеральной основой биосферы. Все ее элементы – горные породы и почвы, морфологические особенности слагаемых ими массивов, подземные воды, геологические процессы и явления взаимосвязаны с атмосферой, поверхностными водами, растительным миром и другими элементами природной среды. Вследствие этого природные и техногенные геологические процессы, происходящие в верхних горизонтах литосферы и имеющие во многих случаях необратимый характер, оказывают активное влияние на все элементы природной среды,

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.) - Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

биосферы в целом.

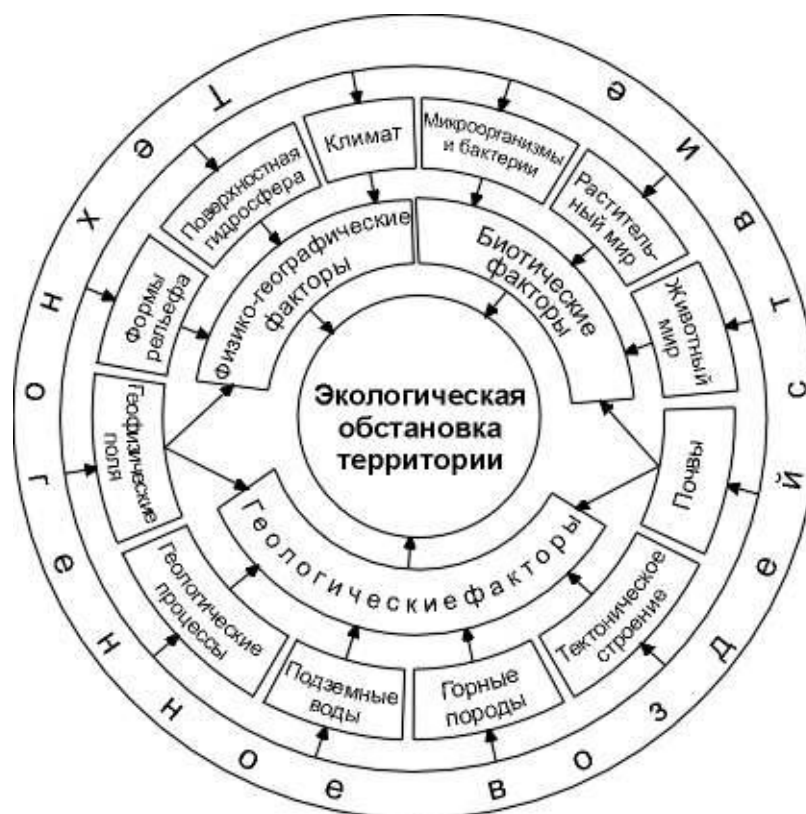


Рис. 1. Факторы формирования экологической обстановки

Из геологических факторов следует выделить: литолого-геохимические (состав и строение отложений, мощности отложений, вещественный состав, физико-механические свойства), геодинамические (комплекс природных геологических и инженерно-геологических процессов), геоморфологические (история развития рельефа, формы рельефа, расчлененность рельефа, крутизна склонов), гидрогеологические (строение водовмещающей толщи и зоны аэрации, характер взаимосвязи водоносных горизонтов между собой и с поверхностными водоносными горизонтами, гидрохимическая обстановка), геофизические (гравитационные, магнитные, сейсмические, радиационные, температурные поля), структурно-тектонические (структурные элементы, разломы, складкообразование, тектонические движения земной коры). Весьма важным является историко-геологический фактор: знание истории геологического развития региона в предшествующие геологические эпохи позволяет определить сегодняшний этап его развития и, соответственно, прогнозировать геологические процессы будущих эпох.

К техногенным факторам относятся механическое перемещение горных пород, веществ и материалов, искусственные формы рельефа, создание внутрикоровых полостей и коллекторов, загрязнение среды, регулирование рек, образование водохранилищ, возделывание почв и др. При техногенном воздействии на различные компоненты

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

природной среды формируется конкретная экологическая обстановка (рис. 1).

Совокупность этих всех факторов окружающей среды определяет специфику экологической обстановки, ее экосистем в данной местности, динамику развития и функционирования.

**Экологическая обстановка и геологическая среда.** Современные представления о геологической среде сформировались в результате развития идей В.И.Вернадского и А.Е.Ферсмана о геосферах Земли и их взаимодействии, о единстве природных вод, о роли живых организмов в развитии литосферы, о геологической и геохимической значимости технической деятельности человека, о ноосфере.

В современном понимании геологическая среда имеет вполне четкую верхнюю границу – поверхность рельефа. Здесь все элементы геологической среды активно взаимодействуют с атмосферой и поверхностной гидросферой. Это взаимодействие во многом определяется комплексом постоянно действующих естественных процессов, таких как глобальный влагооборот, взаимосвязь подземных и поверхностных вод, инфильтрация атмосферных осадков, взаимодействие горных пород с влагой в зоне аэрации и в зоне полного насыщения, процессы проникновения в верхние слои литосферы солнечного тепла, природных газов (кислорода, углекислого газа и др.). Эти глобальные процессы взаимодействия геосфер играют существенную роль в формировании структуры геологической среды, ее свойств и экологического качества. Нижняя граница непостоянна, и ее пространственно-временное положение зависит от многих факторов, и в первую очередь – от характера техногенного воздействия [5, 18].

Рассмотрим некоторые из геологических факторов, принимающих активное участие в развитии отдельных участков биосферы и экологической обстановки. Влияние структурно-тектонических факторов (вулканических процессов, землетрясений, разломных зон Земли и т.д.) приводит к выходу в биосферу многих жизненно важных минеральных компонентов, необходимых растениям и животным, особый гидротермический и геофизический режим.

Геологические процессы, осуществляя геологический круговорот вещества, выводят на дневную поверхность горные породы разного генезиса, отличающиеся по составу минералов и химических элементов, уровню радиоактивности, которые либо стимулируют, либо затрудняют развитие отдельных экосистем.

Существенным фактором, влияющим на экологическую обстановку, является выветривание пород, сопровождающееся выносом и аккумуляцией химических элементов и минералов, образованием в зависимости от зональных и локальных условий различных генетических типов почв, отличающихся содержанием гумуса, структурными

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

особенностями, значениями рН и т. д. На динамику развития и функционирования экосистем, их продуктивность влияют осадочные процессы: водная и ледниковая эрозия, водно-аккумулятивные, эоловые перемещения песков в пустынях и на побережьях морей, озер, рек и др. Экосистемы формируются в зависимости от историко-геологических условий образования отдельных регионов [15].

Геологические факторы определяют рельеф территории, распределение элементарных ландшафтов, в которых по-разному образуются наносы и почвы, протекают геохимические, биологические и другие процессы.

Велика роль гидрогеологических факторов - выходов пресных, минеральных, радиоактивных и термальных вод. Специфические экосистемы формируются в зоне разгрузки термальных вод, как на суше, так и на дне океана. Колебания уровня Мирового океана и тектонические факторы вызывают перемещение и изменение берегов, прибрежных течений, осадочных процессов, солености морских водоемов.

Геологические факторы и процессы играют большую роль в осуществлении ландшафтами и биосферой многообразных геохимических и биохимических функций, которые выполняются трофической структурой сообществ организмов, основанных на пищевых взаимоотношениях популяций (рис. 2) [3, 15].

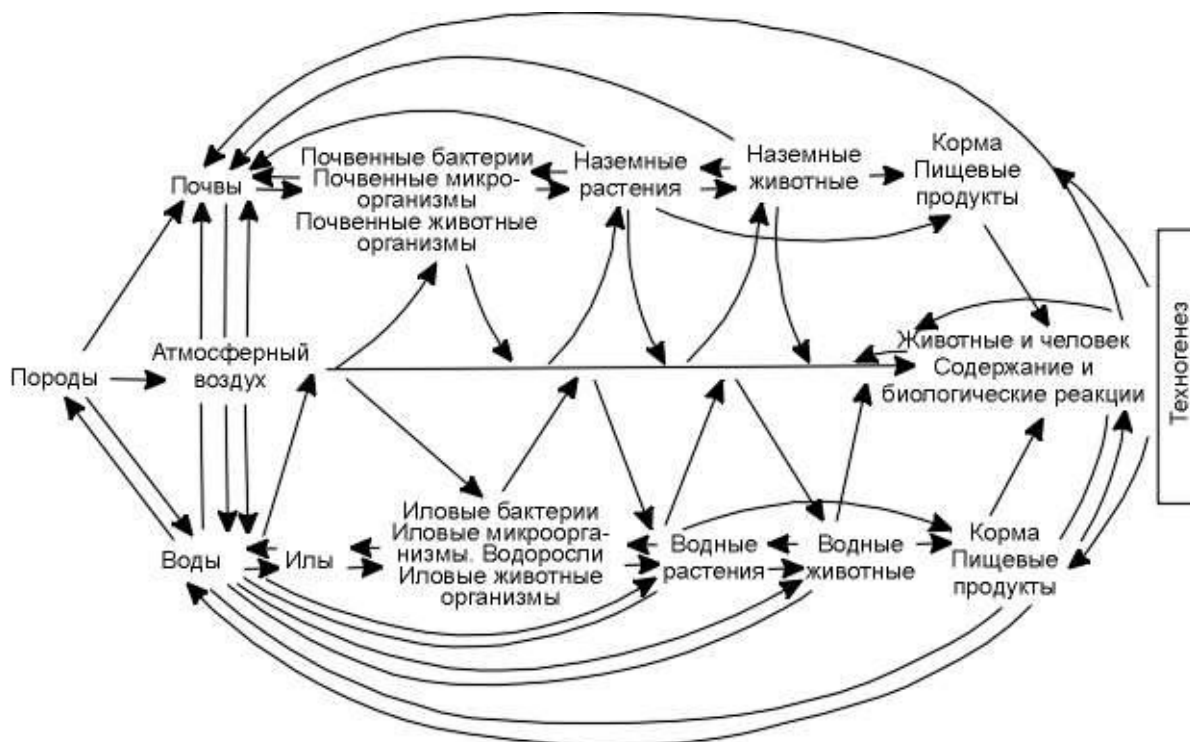


Рис. 2 Биогеохимическая пищевая цепь, через которую осуществляется связь организмов и среды [3]

В пищевой зависимости одних живых организмов от других проявляется единство

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

геологической, геохимической и биологической среды биосферы, биогеохимическое преобразование земной коры, развитие жизни и ее эволюция; создается биомасса организмов, их первичная и вторичная продуктивность и т.п.

Таким образом, геологическая среда является той реальной обстановкой, в которой происходит жизнь и деятельность человека. Тектоника, эрозия, осадочные процессы, выветривание, история геологического развития региона, его рельеф, геохимический ландшафт вносят свой вклад в образование экосистем Земли и оказывают большое, иногда решающее влияние на экологическую обстановку. В процессе эволюции литосферы сформировались такие особенности геологической среды, которые в наибольшей степени благоприятствовали развитию человека и окружающей его биосферы.

***Подходы к оценке экологической обстановки.*** Разработкой теоретических основ геоэкологических исследований занимались многие ученые – В.А. Алексеенко, Г.К. Бондарик, Г.С. Вартамян, А.С. Герасимова, Г.А. Голодковская, Д.Г. Зилинг, В.А. Королев, В.К. Лукашев, В.И. Осипов, Л.Л. Прозоров, Е.М. Сергеев, В.Т. Трофимов и др. [1, 3, 4, 9, 11-13, 18, 20, 24, 25, 29].

Обобщение работ этих ученых позволило выделить существующие подходы к оценке экологической обстановки. Историко-динамический подход позволяет охватить текущее состояние и процесс преобразования окружающей среды, ее обратимые и необратимые изменения. Генетический подход позволяет оценивать экологическую ситуацию на основе анализа цепных реакций в окружающей природной среде, возникающих под влиянием различных форм человеческой деятельности. Эколого-географический подход дает возможность установить взаимосвязи человека с окружающей средой с учетом последствий взаимодействия разнородных объектов и явлений, составляющих территориально организованные, развивающиеся в пространстве и во времени геоэкологические системы. Структурно-географический подход позволяет в функционально-пространственном отношении сопряженно рассматривать различные природные, технические, экологические, экономические и социальные процессы, связанные между собой потоками энергии, вещества и информации, что способствует комплексному определению экологической обстановки территории [12, 13]. Инженерно-геологический подход ограничивается изучением структуры, состояния и инженерно-геологических свойств массивов горных пород и динамики развития приповерхностной части литосферы под воздействием эволюции природной среды и техногенеза. Известные подходы, использующие геологические аспекты в оценке экологического состояния территории, сводятся к изучению изменений геологической среды под влиянием эволюции природы и техногенного воздействия

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

(эколого-геологический подход) и исследованию изменений экосистем и их функций под влиянием эволюции природной среды и техногенеза (геоэкологический подход) [24, 29].

Эти подходы в основном ограничиваются изучением современного состояния окружающей среды. В процессе изучения состояния окружающей среды мало внимания уделяется изучению истории формирования геологического строения территории задолго до начала техногенного воздействия и обуславливающей первопричины, с которыми связаны те или иные экологические проблемы. Анализ геологической истории позволяет установить связи между отдельными компонентами геологической среды, оценить тесноту этих связей, объяснить аномалии и, в общем случае, более глубоко анализировать эколого-геологические закономерности, как существующие, так и ожидаемые при освоении геологической среды.

Поэтому необходима разработка нового метода - историко-геологического подхода для определения роли эволюции отдельных участков литосферы в формировании современной экологической обстановки.

Сравнительное изучение территорий с различным геологическим строением и примерно одинаковым техногенным воздействием показывает, что реакции на него могут существенно отличаться. Геологическое строение в свою очередь обусловлено историко-геологическим развитием территории. Следовательно, можно сделать предположение, что первопричины экологических проблем закладываются в ходе геологического развития территории, т.е. в процессе формирования и преобразования состава и свойств пород, подземных вод, развития геологических процессов [7, 16].

На данный момент наиболее полно изучена история геологического развития для районов распространения осадочных горных пород, на долю которых приходится до 75 % суши. Литология, изучающая эти породы, характеризуется генетической направленностью и историчностью подхода к объектам исследования, использует основные принципы историко-геологических исследований [27], что позволяет применять ее методологический подход для анализа современного состояния и тенденций развития литосферы.

Формирование состава и свойств пород, подземных вод тесно связано со стадиями литогенеза. В связи с этим необходим анализ истории геологического развития территории с выделением для каждой стадии тех особенностей, которые влияют или способны влиять на экологическую обстановку. На основе этого с использованием анализа существующих сведений о породах, подземных водах, геологических процессах, физических полях и данных полученных в ходе специально проведенных исследований можно оценивать современную экологическую обстановку и давать прогноз ее изменения.

В соответствии с представлениями Н.Б. Вассоевича, Н.В. Логвиненко,

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

Л.В. Пустовалова, Л.Б. Рухина, Н.М. Страхова, В.Т. Фролова, О.В. Япаскурта и других литологов [14, 21-23, 27, 30, 31] геологическая история каждого осадочного образования состоит из ряда последовательных стадий: седиментогенеза, диагенеза, катагенеза и гипергенеза. На любой стадии развития, начиная с диагенеза, осадочные отложения могут быть выведены движениями земной коры на поверхность и перейти в стадию гипергенеза.

Проанализируем процессы, которые происходят при литогенезе и определяют основные особенности приповерхностной части литосферы и, следовательно, экологической обстановки.

На стадии седиментогенеза осуществляется мобилизация осадочного вещества в коре выветривания из разных источников и в разнообразных формах, его перенос и отложение на водосборных площадях и осадкообразование в конечных водоемах стока. В результате этой стадии совершается первичная концентрация макро- и микроэлементов, образуются исходные растворы и формируется общий геохимический фон на данном участке литосферы.

Условия диагенеза характеризуются высокой влажностью, обилием бактериального мира, общей физико-химической неравновесностью, изменчивыми Eh и pH, высокой концентрацией большинства веществ в иловых водах и проницаемостью осадка, обеспечивающей почти беспрепятственный диффузионный обмен ионами и газами. В результате окислительного и восстановительного минералообразования среди малоустойчивых компонентов осадка, а также перераспределения аутигенных минералов и возникновения стяжений в отложениях концентрируются микроэлементы, формируются минералы с различной степенью устойчивости. Локальное уплотнение осадков приводит к формированию физико-механических свойств пород различного характера и выделению поровых растворов из осадка с повышенным содержанием макро- и микроэлементов, которые влияют на состав и свойства подземных вод.

Стадия катагенеза, характеризующаяся региональной литификацией пород под влиянием усиливающегося давления, ведет к перестройке терригенных и аутигенных компонентов осадочных пород. Это способствует преобразованию фильтрационных и физико-механических свойств пород, дальнейшему видоизменению химического состава подземных вод и растворов глубоких горизонтов, увеличению их минерализации и содержания макро- и микроэлементов.

Гипергенные изменения пород, происходящее в приповерхностных частях земной коры приводят к преобразованию физического и химического состояния пород и минералов, образованию гипергенных минералов, увеличению пористости и проницаемости пород, к видоизменению состава подземных вод, интенсификации экзогенных геологических

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

процессов и явлений [19].

Следовательно, в процессе эволюции литосферы формируются специфические для каждой территории геологические условия и факторы. При анализе экологической обстановки необходим анализ: тектонических и неотектонических условий; трещиноватости пород; литологического состава пород с учетом минералогического и химического состава; условий залегания; водно-физических свойств водовмещающих отложений (пористость, фильтрационные свойства и др.); сорбционных свойств пород; мощности и строения водоносных комплексов и характера их взаимосвязи с разделяющими водоупорами; взаимосвязи подземных вод с поверхностными; гидрохимическим условиям водоносных комплексов (источники вещественного состава подземных вод, факторы и процессы формирования состава подземных вод, пути его преобразования, региональные геохимические закономерности); современным экзогенным процессам и явлениям и др.

Современные физико-географические и биотические факторы накладывают свой отпечаток на формирование экологической обстановки, однако их рассмотрение выходит за рамки данной работы.

Техногенное воздействие на геологическую среду связаны с инженерно-строительной, сельскохозяйственной, гидротехнической, горнотехнической и др. видами деятельности. Оно всегда направлено на определенный участок земной коры и вызывает последствия, взаимообусловленные свойствами и процессами данной части геологической среды, с одной стороны, а также характером и интенсивностью воздействий, с другой. Анализ современных экологических проблем показывает, что формирование неблагоприятной экологической обстановки в значительной степени обусловлено загрязнением окружающей среды, которое вызвано усилением миграции и преобразованием форм нахождения химических элементов под воздействием техногенных факторов.

Таким образом, для понимания формирования современной экологической обстановки конкретной территории и тенденций ее изменения необходимо изучение историко-геологического развития, свойств геологической среды, современных физико-географических условий, состояния биоты и техногенного воздействия (рис. 1).

***Закономерности формирования геологических условий и факторов, определяющих экологическую обстановку.*** Изучение связи историко-геологического развития территории с современной экологической обстановкой выполнялось на примере Щучанского района Курганской области. Здесь ведется строительство ОУХО. Этот объект является сложным комплексом инженерных сооружений, сооружений инфраструктуры, социального и культурно-бытового назначения, возведение которых приведет к увеличению площади



Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

территорий, вовлеченных в хозяйственную деятельность и усилению существующего техногенного воздействия. Общая схема связи эволюции литосферы с современными экологическими проблемами Щучанского района показана на рис. 3.

*Геологические условия.* Территория представляет собой западную окраинную часть Западно-Сибирской мезозойской плиты, прилегающую с востока к палеозойским структурам Урала. Кристаллический фундамент территории образованный дислоцированными и метаморфизованными породами палеозоя является восточным продолжением Уральской складчатой системы. На нем с разрывом залегает платформенный чехол из верхнемезозойских и кайнозойских пород мощностью до 350 м (рис. 4).

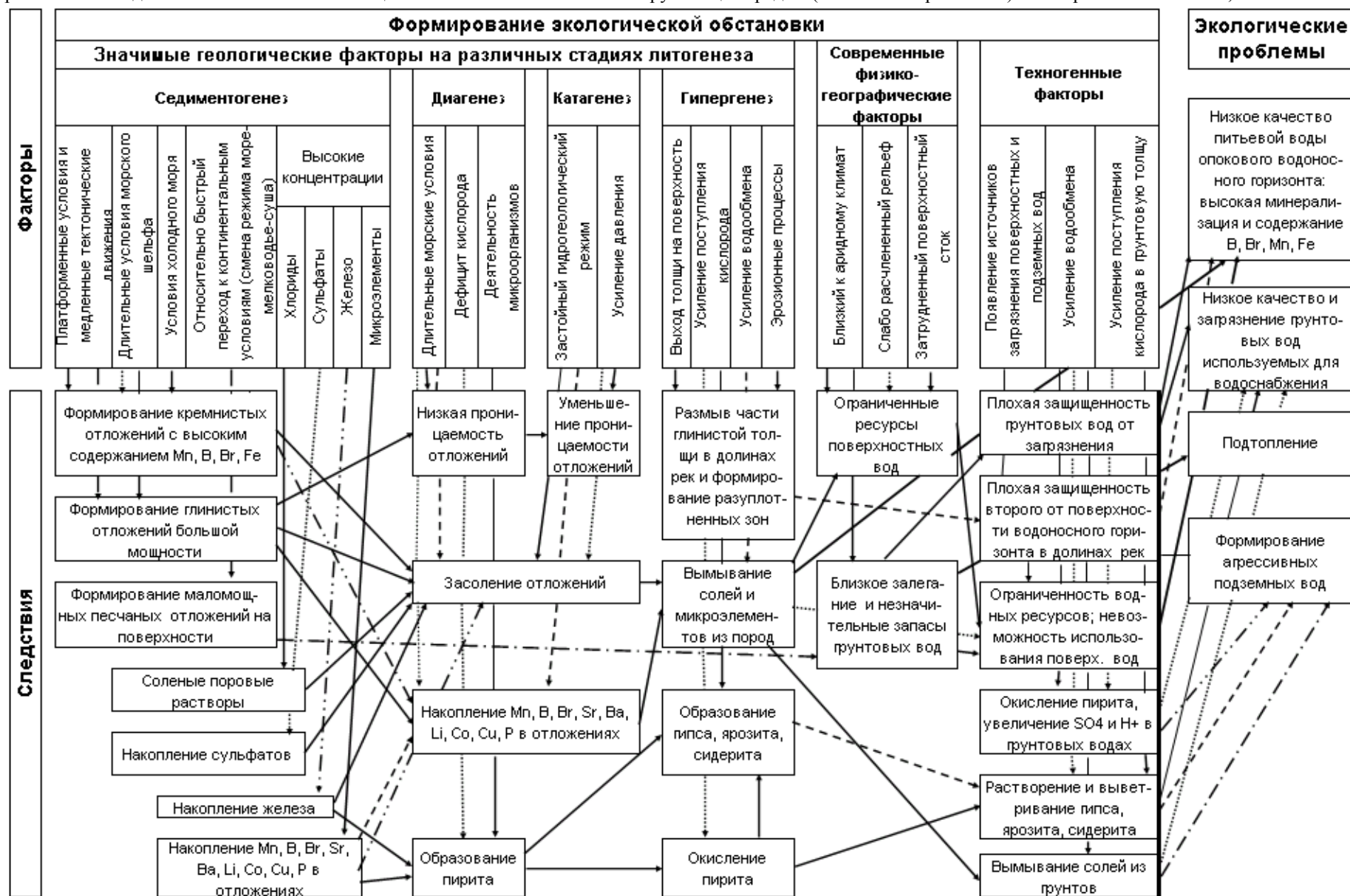


Рис. 3 Общая схема связи эволюции литосферы с современными экологическими проблемами Щучанского района

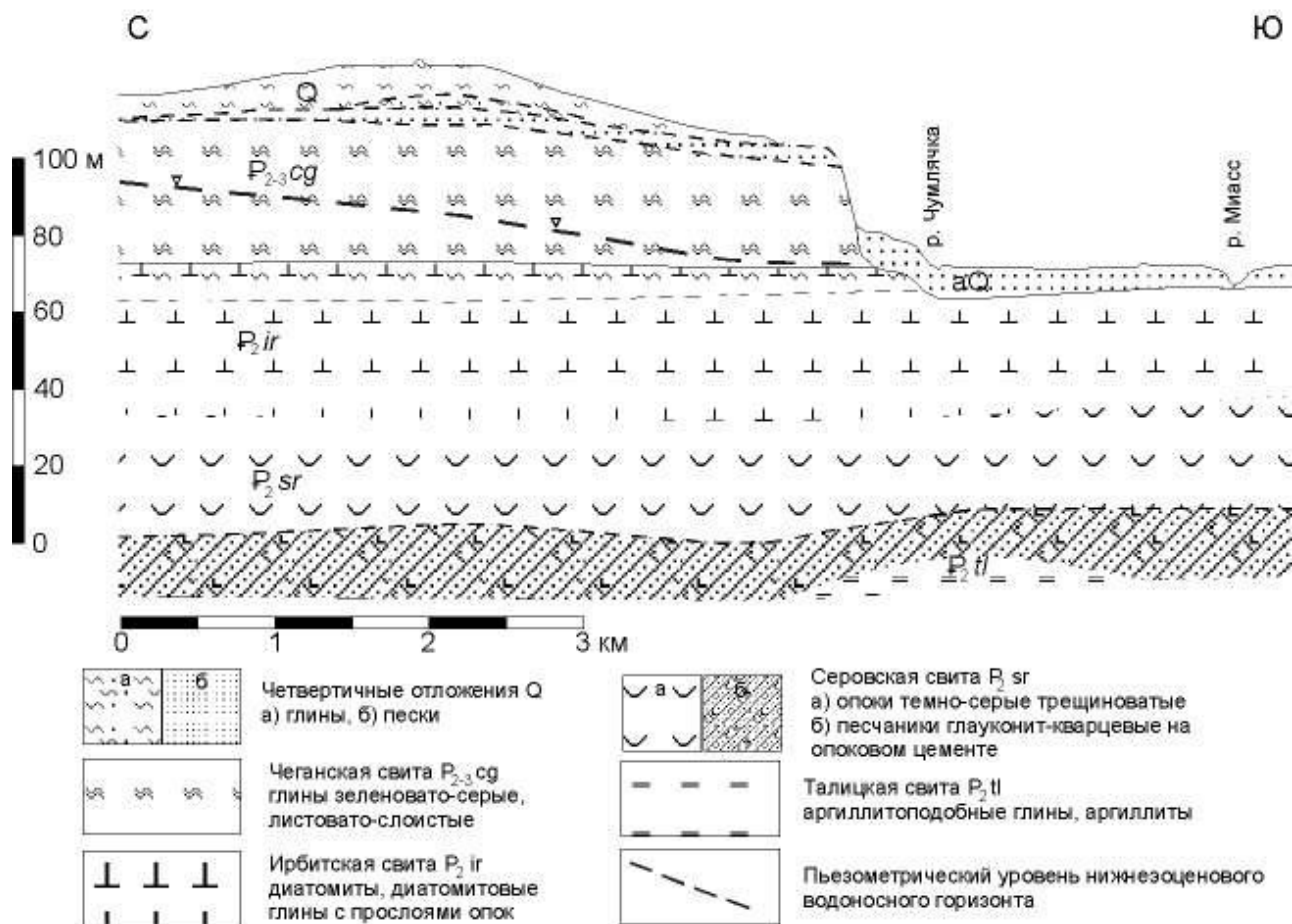


Рис. 4 Геологический разрез территории исследований

Существование на рассматриваемой территории условий морского бассейна с туронского века мелового периода до раннеолигоценового времени определило своеобразие геохимических условий района [6, 26]. Морские условия формирования глинистых отложений чеганской свиты и кремнистых пород ирбитской и серовской свит обусловили их специфичный геохимический состав, который по сравнению с маломощными вышележащими континентальными преимущественно песчаными отложениями, отличается значительным содержанием водорастворимых солей (сульфатов кальция и магния, гидрокарбонатов кальция и натрия), микроэлементов – Mn, Sr, Ba, Ni, Cu, Li (рис. 5). На стадии диагенеза и катагенеза произошла повсеместная пиритизация осадков. Обследование территории показало, что в ходе гипергенных изменений в приповерхностной части происходит окисление пирита с формированием кислой среды и как следствие повышение подвижности катионогенных элементов, образование типичных минералов – ярозита, гипса, сидерита (рис. 6).

В мезозойскую и кайнозойскую эры исследуемая территория переживала стадию платформенного развития [6, 26]. В течение этого времени здесь господствовали медленные тектонические колебания. Медленный тип и малые амплитуды поднятий порождали плоский

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

равнинный платформенный рельеф. Следствием этого явилось формирование субгоризонтальное залегание пород территории, слабая расчлененность рельефа и незначительное развитие экзогенных процессов.

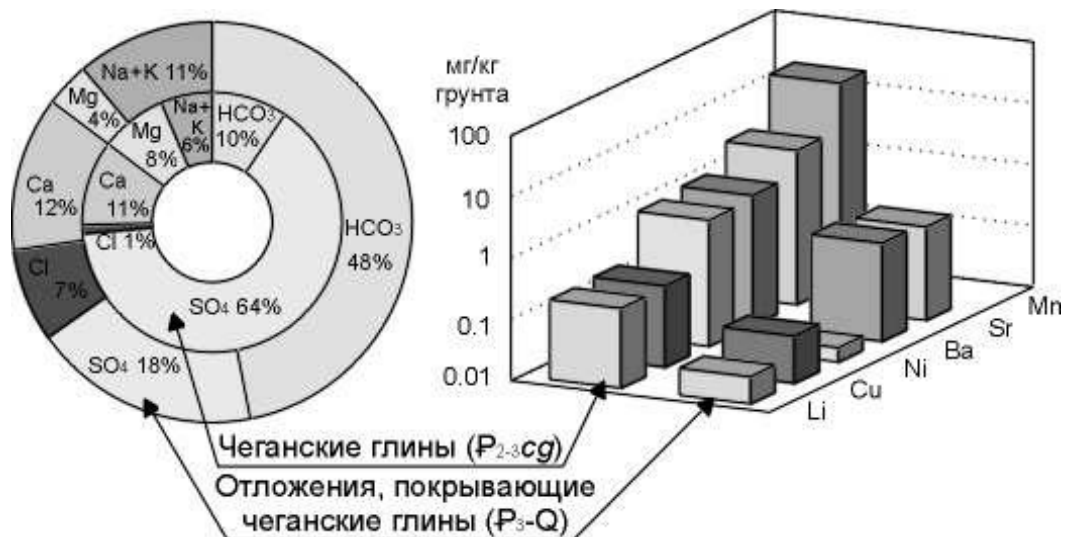


Рис. 5. Средний химический состав водной вытяжки грунтов района исследований

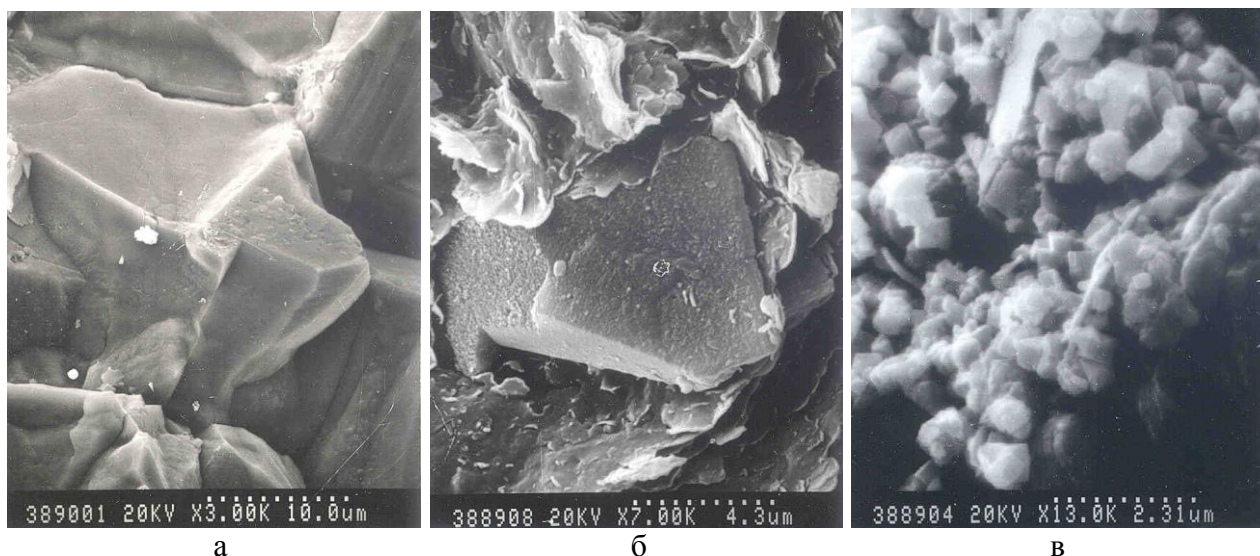


Рис. 6. Электронные микрофотографии пирита (а) и продуктов его окисления: гипса (б) и ярзита (в) (Фото В.Н. Соколова)

Формирование подземных вод района происходило преимущественно в результате смешения древних и современных инфильтрационных вод с минерализованными морскими седиментационными водами, отжатыми в коллектор из глинистых отложений [8, 10, 17]. Преимущественно глинистый состав осадочной толщи обусловил слабую инфильтрацию поверхностных пресных вод и предопределил возможность сохранения здесь седиментационных вод морского генезиса и последующее развитие соленых хлоридных вод.

Процессы диагенеза, активно развивающиеся в морских осадках, обогащенных органическим веществом, приводят к переходу Br, B и Li в иловые воды. Отжимаясь в

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

пласты-коллекторы, иловые растворы глинистых пород смешиваются с находящимися там пластовыми водами и обогащают их микроэлементами морского происхождения. Присутствие в разрезе пород, обогащенных рассеянным пиритом (рис. 6) и находящихся в контакте с водовмещающей толщей, приводит к повышению содержания в подземных водах сульфатов и железа (рис. 7).

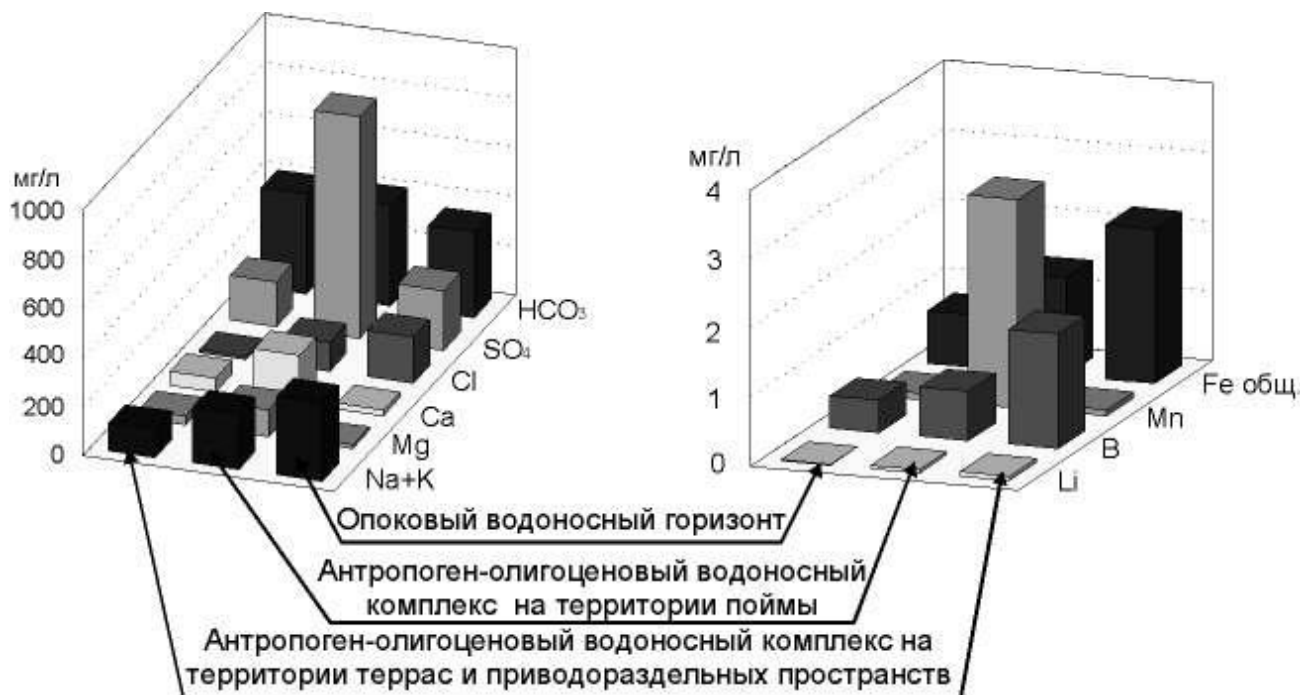


Рис. 7. Химический состав подземных вод района исследований

**Экологические проблемы.** Рассмотрим связь историко-геологического развития территории с современными экологическими проблемами, обусловленных естественными факторами [8].

**Низкое качество подземных вод.** Рассмотренные историко-геологические, геохимические и гидрогеологические особенности территории, определили ограниченность водных ресурсов, пригодных для водоснабжения.

Основной источник водоснабжения района - водоносный горизонт нижнего эоцена (опоковый горизонт) представлен морскими отложениями серовской свиты и сложен кремнистыми и глинистыми опоками и кварцево-глауконитовыми песчаниками (рис. 4). Он характеризуется большой пространственной изменчивостью водообильности и наибольшая водоотдача наблюдается в долине р. Миасс, где водовмещающие породы обладают повышенной трещиноватостью. В пределах приводораздельных пространств его водообильность значительно ниже.

В гидрохимическом отношении воды горизонта на территории района пестрые как по

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

величине минерализации (рис. 8), так и по составу: в южной и центральной части района распространены слабосоленоватые и соленые воды, непригодные для питьевых нужд; пресные воды распространены в северной части района на левобережье р. Миасс, где к ним приурочено Чумлякское месторождение подземных вод.



Рис. 8. Схема минерализации подземных вод нижнеэоценового водоносного горизонта

Вследствие генетических особенностей вода, используемая для централизованного водоснабжения, имеет повышенную минерализацию (1,1-1,2 г/л) и превышения предельно-допустимых концентраций по содержанию В - в 2,8-4 раза, Вг – в 3-3,5 раза, Мп – до 5 раз, Li – до 3,7 раз, Fe до 8,6 раза (рис. 6), что существенно влияет на общую экологическую обстановку.

Подземные воды верхнемелового и более глубоких горизонтов на территории исследуемого района не пригодны для питьевого водоснабжения ввиду повышенной минерализации.

*Низкое качество грунтовых вод.* В пределах речных террас преобладают воды гидрокарбонатно-кальциевого состава. Содержание большинства компонентов не превышает ПДК. На отдельных участках наблюдаются повышенные содержания Мп - 0,15 - 11,37 мг/л, Ва - до 0,72 мг/л, Li - 0,045 - 0,240 мг/л, В - 0,15 - 2,3 мг/л.

Подземные воды, распространенные на территории поймы р. Миасс и притоков в

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

пределах района исследований, существенно отличаются от вод речных террас составом и более высокой минерализацией – до 5,8 г/л, при средних значениях 1,2-1,5 г/л. Для менее минерализованных вод характерно преобладание гидрокарбонатов, для более минерализованных – сульфатов при повышенных значениях хлоридов. Так, содержание сульфатов может достигать 3230 мг/л, хлоридов – 800, натрия – 1060, кальция – 550, магния – 350, общего железа – 10,3 мг/л. Водородный показатель, обычно близкий к нейтральным значениям, на отдельных участках поймы опускается до 4,2-4,3.

Рост минерализации и изменение состава грунтовых вод на территории пойм рек связано с разгрузкой подземных вод опокowego горизонта через диатомиты ирбитской свиты, а также на отдельных участках с последствиями многолетнего испарения. Увеличение содержания макроэлементов, Fe, Mn, Ba, Li, B и некоторых других микроэлементов определяется как составом разгружающихся вод опокowego горизонта (рис. 7), так и литогеохимическими особенностями слабопроницаемых пород, через которые происходит разгрузка (рис. 5). Это кремнистые и глинистые породы морского происхождения, содержащие в своем составе комплекс элементов, характерных для морских осадков, поровые седиментационные растворы, а также гипс, карбонаты и сульфиды железа, микроэлементы (рис. 6). При окислении сульфидов снижается водородный показатель, а подземные воды обогащаются сульфатами, железом и некоторыми другими элементами.

Таким образом, воды антропоген-олигоценowego горизонта не пригодны для водоснабжения в силу их ограниченности и особенностей формирования.

*Высокая потенциальная подтопляемость территории.* Платформенные условия развития территории способствовали формированию субгоризонтального залегания пород, слабой расчлененности рельефа, малому поверхностному стоку, наличию многочисленных бессточных озер и заболоченности территории.

Подтопляемость территории связана с особенностями геологического разреза - близким (до 1,5 м) залеганием к поверхности регионального водоупора (глин чеганской свиты олигоцена). Кроме того, водовмещающие неоген-четвертичные грунты не выдержаны по мощности и часто содержат прослой и линзы слабопроницаемых суглинков и глин, что обуславливает низкую проницаемость водовмещающей толщи. Все это обуславливает возможность почти повсеместного развития процессов подтопления. Грунтовые воды в основном приурочены к четвертичным суглинкам с прослоями и линзами пылеватых песков, залегающих среди глин неогенового возраста. Установившийся уровень грунтовых вод на значительных площадях зафиксирован на глубине 0,0 - 0,6 м.

***Влияние техногенного воздействия на геологическую среду района исследований.***

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

До начала проектирования и строительства ОУХО территория подвергалась техногенному воздействию вызвавшему неблагоприятные последствия. На территории района исследований техногенное воздействие на геологическую среду имеет комплексный характер и проявляется в загрязнении грунтов, поверхностных и грунтовых вод, а также в активизации неблагоприятного с экологической точки зрения инженерно-геологического процесса – подтопления (рис. 3).

*Загрязнение поверхностных вод.* Основным фактором загрязнения р. Миасс является влияние неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод предприятий г. Челябинска. Доминирующую роль в формировании загрязнения на протяжении последних тридцати лет играют соединения азота, Fe, Cu, Zn, фенолы и нефтепродукты, определяемые воздействием Челябинской агломерацией. По данным 1997-1998 гг. на территории исследуемого района в воде р. Миасс отмечены превышения предельно допустимых концентраций по содержанию общего железа, ионов аммония, нитрат-ионов, фенолов, Ti, V, Cu, Zn и (рис. 9). Для притоков р. Миасс и озер на исследуемой территории типичны превышения по содержанию ионов аммония, что является, главным образом, следствием хозяйственно-бытовой деятельности [8, 17].

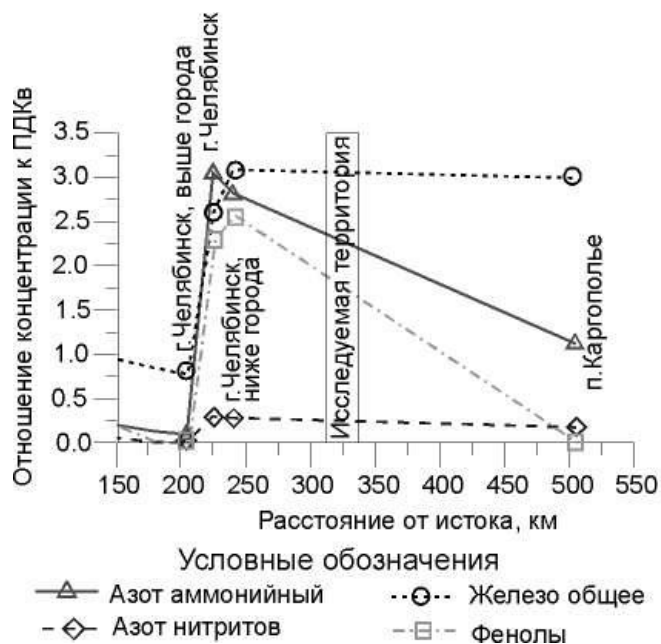


Рис. 9. Техногенное загрязнение р. Миасс

*Загрязнение грунтовых вод.* Грунтовые воды антропоген-олигоценевого комплекса на исследуемой территории имеют слабую природную защищенность с поверхности от загрязнения. Значительное участие в разрезе песчаных разностей в отложениях олигоценевого и неоген-четвертичного возраста (рис. 4) способствует попаданию загрязнителей. На территории Щучанского района загрязнение грунтовых вод происходит в



Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

местах размещения промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов, за счет внесения удобрений, сброса сточных вод на рельеф и в гидросеть, а также утечек из коммуникаций и с территорий промышленных предприятий [8, 17]. Основными загрязнителями являются азотные соединения, органические вещества, нефтепродукты.

Для центральной и северной частей района исследований основными источниками загрязнения являются территории населенных пунктов и животноводческих ферм (рис. 10). В настоящее время на территории здесь минерализация вод антропоген-олигоценевого комплекса достигает 6-9 г/л. Подземные воды загрязнены нитратами – до 2000 мг/л, нитритами – до 15 мг/л, аммонием – до 123 мг/л.



Рис. 10. Схема загрязнения вод антропоген-олигоценевого комплекса

В южной части района загрязнение грунтовых вод отмечается на территории г. Щучье. В настоящее время подземные воды антропоген-олигоценевого комплекса характеризуются здесь значительной пестротой, как по величине минерализации, так и по составу. Минерализация воды варьирует от 0,7 до 5,6 г/л. Преобладающим среди катионов во всех типах вод является натрий. В водах с минерализацией до 1,5 г/л преобладающими анионами являются гидрокарбонаты, в водах с минерализацией от 1,5 до 3 г/л – сульфаты и гидрокарбонаты, в водах с минерализацией выше 3 г/л – хлориды.

Таким образом, техногенные факторы привели к ухудшению качества поверхностных и подземных вод ресурсы, которых и без того были ограничены и низкого качества.

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

*Подтопление.* Среди инженерно-геологических процессов, наблюдаемых на исследуемой территории наиболее выражено, с экологической точки зрения, развит процесс подтопления. Зоной наибольшего развития процесса подтопления является территория жилой зоны г. Щучье, где сочетание особенностей природных и техногенных факторов привели к повышению уровня грунтовых вод и осложнили условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Установившийся уровень подземных вод в центральной и западной частях города зафиксирован на глубине от 0,0-0,6 м, в северной части – до 2,1-3,7 м. Поэтому территория города относится в основном к подтопленным территориям, а северной части к типу территорий с большой вероятностью повышения уровня подземных вод.

На комплекс природных факторов на территории города накладываются техногенные факторы: неудовлетворительное состояние водопровода, отсутствие системы сбора ливневого стока и канализации, слив жидких отходов в озера.

*Агрессивность подземных вод.* Анализ условий формирования толщи пород позволил предположить, что в настоящее время в основании площадки строительства объекта УХО может находиться пирит, который не фиксировался ранее при инженерно-геологических изысканиях. Целенаправленный поиск показал присутствие в чеганских глинах на глубине заложения фундамента пирита и продуктов его окисления – гипса, ярозита, сидерита. Анализ полученной информации позволяет говорить о развитии в настоящее время на отдельных участках процессов окисления пирита. Признаками окисления являются: увеличение содержания сульфат-ионов в кровле свиты (содержание сульфатов, до 5 г/кг грунта, а общее содержание водорастворимых солей до 6,6 г/кг грунта) (рис. 4); кислая реакция среды водной вытяжки (водородный показатель до 4,3); присутствие в минеральном составе глин комплекса минералов, характерного для сернокислотного процесса – гипса (до 15 %), ярозита (до 6 %), сидерита (до 17 %) (рис. 5); присутствие в глинах на участках с низкими значениями водородного показателя среды водной вытяжки тионовых бактерий, которые являются важным фактором развития сернокислотного процесса.

Согласно проведенным экспериментальным исследованиям, сине-зеленые глины в условиях водно-воздушной среды и действия бактерий повышают кислотность контактирующих с ними водных сред, являются источником поступления в раствор сульфат-ионов (рис. 11) [8, 17].

Строительные работы, сопровождаемые вскрытием толщи котлованами, выемкой и складированием грунтов в поверхностных условиях, будут способствовать усилению окислительных процессов за счет облегченного доступа кислорода к породам. Развитие

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

процессов окисления пирита повлечет за собой снижение водородного показателя среды, поступление в грунтовые воды сульфатов, что приведет к повышению сульфатной и общекислотной агрессивности грунтов и грунтовых вод [32]. Для ориентировочного прогноза изменения агрессивности и химического состава грунтов и грунтовых вод можно использовать величины, отмеченные в настоящее время на участках активного развития рассмотренных геохимических процессов. Снижения агрессивности грунтов и подземных вод, вызванной окислением пирита, возможно достичь путем нейтрализации продуктов окисления, например, добавкой карбонатов (известняка) в грунты при обратной засыпке в строительные котлованы [2, 33].

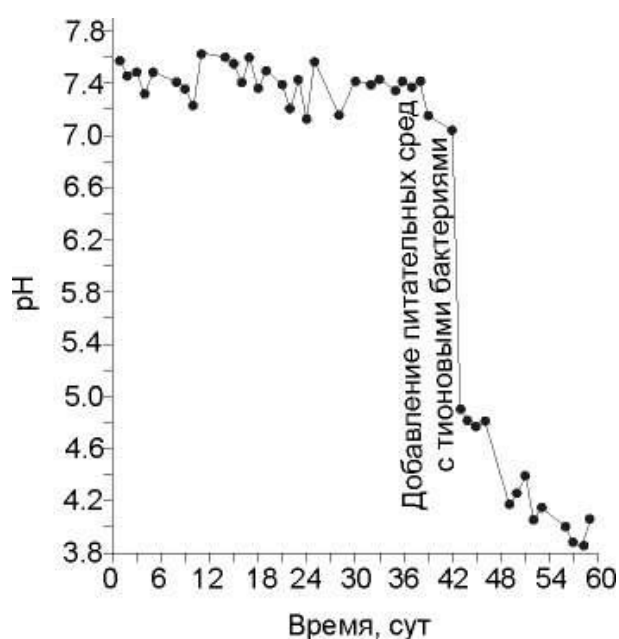


Рис. 11. Изменение величины pH водно-глинистого раствора при условиях аэрации

**Заключение.** Исследование экологической обстановки в связи со строительством ОУХО в Щучанском районе Курганской области показало ее тесную связь с геологическими факторами, которые во многом обусловлены историей геологического развития территории. Анализ особенностей историко-геологического развития территории позволил выявить существующие и прогнозировать потенциальные экологические проблемы для решения, которых даны рекомендации, которые частично или полностью вошли в проект ОУХО.

Таким образом, использование историко-геологического подхода для оценки влияния геологических условий и факторов на формирование экологической обстановки позволило более полно оценить экологическую ситуацию, повысить обоснованность прогнозов и тем самым повысить безопасность ОУХО.

Работа выполнена при поддержке гранта УР.09.01.027 научной программы «Университеты России».

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

### Список использованных источников

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. - 627 с.
2. Быков В.Н., Максимович Н.Г., Казакевич С.В., Блинов С.М. Природные ресурсы и охрана окружающей среды: Учеб. Пособие / Перм. Ун-т, - Пермь, 2001 – 108 с.
3. Вадковская И.К., Лукашев К.И. Химические элементы и жизнь в биосфере. Минск, 1981. - 175 с
4. Герасимова А.С., Королев В.А. Проблемы устойчивости геологической среды к техногенным воздействиям./ Обзор. Гидрогеология, инженерная геология. М.: АО Геоинформмарк, 1994. 47 с.
5. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. - М.: Недра, 1989. - 220 с.
6. Гольберт А.В. Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М.: Наука, 1968. – 152 с.
7. Казакевич С.В. Оценка геологической обстановки на основе историко-геологического подхода // Сергеевские чтения. Молодежная сессия: Материалы годичной сессии Науч. совета РАН по пробл. геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24-25 марта 2003).- М.:ГЕОС, 2003. – Вып.5. – С.473-477.
8. Казакевич С.В. Формирование современной экологической обстановки в западной части Курганской области // Перспективы развития естественных наук в высшей школе : Труды междунар. науч. конф / Перм. ун-т; ЕНИ при Перм. ун-те. - Пермь, 2001. - Т.3. Экология. Предпринимательство в научно - технической сфере. - С.51 -55.
9. Клубов С.В., Прозоров Л.Л. Геоэкология: понятия, современное состояние. - М.: ВНИИзарубежгеология, 1993. 208с.
10. Ковальчук А.И., Вдовин Ю.П., Козлов А.В. Формирование химического состава подземных вод Зауралья. М.: Наука, 1980. 184 с.
11. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. М.: Изд-во МГУ, 1995. - 272 с.
12. Кочуров Б.И., Розанов Л.Л. Разработка критериев и показателей оценки экологической обстановки территории. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: обзорная информация / ВИНТИ. – М, 1994. - Вып.5. – 92 с.
13. Кочуров Б.И., Розанов Л.Л., Назаревский Н.В. Принципы и критерии определения территорий экологического бедствия // Изв. РАН, Сер. Геогр. – 1993. - № 5. – 67 - 76с.
14. Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменение осадочных пород. Л., Недра, 1987.- 237 с.

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

15. Лукашев В.К. Геологические аспекты охраны окружающей среды. Минск: Наука и техника, 1987. - 336 с.
16. Максимович Н.Г. Некоторые подходы к решению экологических проблем // Проблемы геологии континентов и океанов: Докл. рос. учен. участников 31-го МКГ (школа - семинар на НИС «Академия Иоффе», июль - авг. 2000 г.) / ОГГГГ РАН - Магадан: Кордис, 2001. - С.262 - 267.
17. Максимович Н.Г., Казакевич С.В., Блинов С.М. Гидрогеологические условия западной части Курганской области // Вестник Пермского ун-та. - Пермь, 2001 - Вып.3. Геология - С.159-178.
18. Осипов В.И. Геоэкология: понятие, задачи, авторитеты // Геоэкология. - 1997. - № 1. - 3-11 с.
19. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М.: Недра, 1972.- 288 с.
20. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель - 2000.- 768 с.
21. Рухин Л.Б. Основы литологии. Л., Недра, 1969.
22. Справочник по литологии /Под ред. Н.Б.Вассоевича и др. - М.: Недра, 1983. 509 с.
23. Страхов Н.М. Избранные труды. Общие проблемы геологии, литологии и геохимии. - М.: Наука, 1983. – 640 с.
24. Теория и методология экологической геологии / Трофимов В.Т. и др. Под ред. В.Т. Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
25. Трофимов В.Т., Королев В.А., Герасимова А.С. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду. // Геоэкология. 1995. № 5. – 96 - 107 с.
26. Умова Л.А., Цаур Г.И., Шатров В.П. Палеогеография Восточного склона Урала и Зауралья в меловое и палеоценовое время. - Свердловск, 1968.
27. Фролов В.Т. Литология. М., МГУ, 1992. Кн. 1: 336 с.; 1993. Кн. 2: 430 с.; 1995. Кн. 3: 535 с.
28. Химическое оружие. Экологические проблемы. Информ. выпуск. 1997. № 1.
29. Экологические функции литосферы/ В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина и др.; Под. ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
30. Япаскурт О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратиферо: Процессы и факторы – М.: ГЕОС, 1999. – 260 с.
31. Япаскурт О.В. Стадиальный анализ литогенеза. М., МГУ, 1995.
32. Hawkins A.B., Pinches G.M. Cause and significance of heave at Llandough Hospital, Cardiff – a case history of ground floor heave due to gypsum growth // Quarterly Journal of Engineering Geology. – Vol. 20. – London, 1987. – P.41-57.

Максимович Н. Г., Казакевич С.В. Роль эволюции литосферы в формировании современной экологической обстановки // Доклады Международной школы «Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды» (15-20 сентября 2003 г.).- Новороссийск – Россия, 2003.- С.110-124.

33. Maximovich N.G., Blinov S.M. The use of geochemical methods for neutralization of surroundings aggressive to underground structures // Proceeding 7 Int. Congress Ass. of Engineering Geology.-V.5.-Portugal, Lisboa,1994.-P.3159-3164.