

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Горный институт

К.А. Горбунова, Н. Г. Максимович, В. Н. Андрейчук

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ  
ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ

Прмь 1990

## ВВЕДЕНИЕ

На территории Пермской области под влиянием различных отраслей народного хозяйства произошли значительные региональные изменения геологической среды. Необходимость изучения техногенных изменений, их последствий и влияния на экологическую обстановку отражена в ряде утвержденных государственных программ.

В данной работе обобщены публикации о видах техногенного воздействия, составлена предварительная схема техногенной нагрузки на геологическую среду Пермской области. Публикацией данного обзора авторы обращают внимание специалистов на необходимость объединения усилий для обобщения результатов исследований, проводимых различными научными и научно-исследовательскими институтами и предприятиями по данной проблеме, организации работ по составлению карт прогнозной поэлементной и суммарной оценки техногенного изменения геологической среды и экологического состояния как отдельных районов, так и области в целом.

Территория Пермской области (площадь 160,6 тыс. кв. км) находится в пределах трех крупных геоструктур: восточной окраины Восточно-Европейской платформы, Предуральяского прогиба и складчатого Урала. В платформенной части под четвертичными отложениями залегают преимущественно верхнепермские отложения (уфимский, казанский, татарский ярусы), представленные песчаниками, мергелями, известняками и конгломератами. Нижнепермские карбонатные и сульфатные отложения выходят на поверхность в пределах Косьвинско-Чусовской седловины, Бымско-Кунгурской впадины, Башкирского свода и Ксенофонтово-Колвинской седловины (север области).

В Соликамской впадине Предуральяского прогиба развита мощная галогенная толща (каменная соль, сильвинит, карналлит, ангидрит, доломит), перекрытая верхнепермскими (уфимский ярус) мергелями, плитчатыми известняками, глинами. В южной и восточной частях прогиба распространены нижнепермские (кунгурский ярус) песчаники, мергели с линзами известняков и конгломератов, аргиллиты, алевролиты с линзами ангидрита и каменной соли.

Складчатый Урал сложен дислоцированными терригенными и карбонатными породами от древнейших протерозойских до нижнепермских, осложненных меридионально вытянутыми надвигами и другими разрывными нарушениями. Разнообразие геологических обстановок определяет сложность гидрогеологических и инженерно-геологических условий, которые влияют на течение техногенных и природно-техногенных процессов.

В настоящем обзоре различные виды техногенного воздействия на геологическую среду освещены с разной степенью детальности. Такие вопросы, как воздействие на геологическую среду урбано-промышленных, электротехнических объектов, заслуживают особого внимания и специальных исследований. В конце работы приводится список литературы по рассматриваемым проблемам.

## 1. ВИДЫ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

### 1.1. Геологическая среда

Воздействие человека на природу принимает значительные масштабы. В науке о Земле появилось новое понятие о деятельности человека как геологическом факторе (В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, А. П. Павлов, Ф. П. Саваренский, Е. М. Сергеев, Ф. В. Котлов и др.)

В 1927 г. французский ученый Ле Руа, а затем В. И. Вернадский ввели понятие о ноосфере. В. И. Вернадский (1977) показывает, что за последние 10-20 тысяч лет человек, выработав в социальной среде научную мысль, создает в биосфере новую геологическую

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

силу, в ней не бывшую. Биосфера переходит в новое эволюционное состояние - в ноосферу. А. Е. Ферсман сферу влияния человека на природу назвал техносферой.

А. В. Сидоренко, развивая идеи В. И. Вернадского о ноосфере, отнес земную кору, а также растительный и животный мир, почву, воду и минеральное сырье к специфическим природным ресурсам:

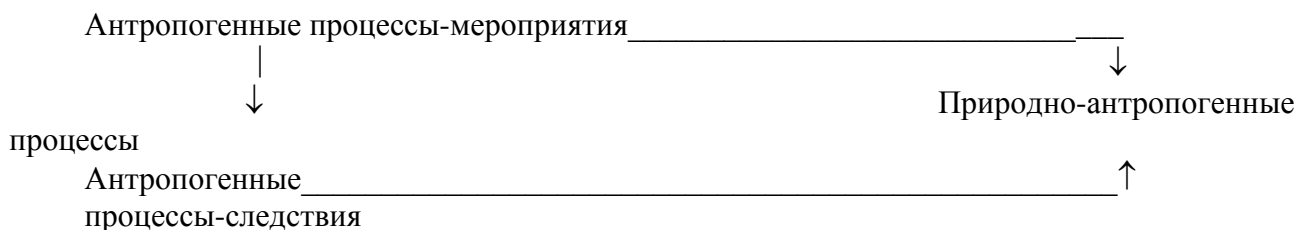
пространству, в котором проходят жизнь и труд человека, с его положительными и отрицательными качествами, благоприятствующими или мешающими развитию человечества (Рациональное использование..., 1989). Это "пространство взаимодействий" Е. М. Сергеев определяет как геологическую среду (1979). Геологическая среда - это "любые горные породы и почвы, слагающие верхнюю часть земной коры, которые рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, в результате чего происходит изменение природных геологических и возникновение новых антропогенных процессов, что в свою очередь вызывает изменение инженерно-геологических условий определенной территории".

## 1.2. Понятие об антропогенных и техногенных процессах

В связи с хозяйственной деятельностью человека на большей части суши природные ландшафты превращаются в антропогенные. Это сопровождается деформацией геологической среды. Е. М. Сергеев (1978) выделяет природные, измененные человеком и вновь созданные им процессы. Последние он относит к инженерно-геологическим (антропогенным).

По Ф. В. Котлову (1978), под антропогенными понимается "совершенно самостоятельная и обособленная категория геологических процессов и явлений, возникновение, проявление и развитие которых связано с инженерно-хозяйственной и культурно-бытовой деятельностью человека". К природно-антропогенным он причисляет природные геологические процессы и явления, измененные человеком, но возникающие независимо от его деятельности.

С. П. Горшков (1982) разграничивает антропогенные и природно-антропогенные процессы по энергетическому источнику. Изменения земной коры, по своей энергетике более или менее эквивалентные израсходованной человеком энергии, он рассматривает как антропогенные. Все остальные геологические события, связанные с деятельностью человека, но в основном развивающиеся благодаря огромному превосходству природного энергетического вклада над сделанным человеком, относятся к природно-антропогенным. Антропогенные экзодинамические процессы он разделяет на процессы-мероприятия и процессы-следствия. Связанная с деятельностью человека экзодинамика земной коры в общей форме имеет следующий вид (Горшков, 1982).



Ряд исследователей отдаст предпочтение термину "техногенные геологические процессы". Так, Е. А. Лушников пишет, что техногенез (антропогенез) - это "совокупность процессов, вызванных производственной и бытовой деятельностью человека и воздействием техники на природные объекты: атмосферу, гидросферу, земную кору и биосферу (включая человека)".

А. А. Махорин (1985) определяющую роль в развитии инженерно-геологических процессов отводит техногенным факторам и характеризует новый тип обмена в природе -

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

техногенный, отличающийся от биогеохимического по движущим силам (целенаправленная деятельность человека), элементам взаимодействия (технические сооружения, механизмы, материалы и пр.) и интенсивности.

Преобладающая роль техногенных факторов, техногенного переноса, образования техногенных грунтов и минералов, а также негативное воздействие развивающихся процессов и явлений на среду обитания человека и, следовательно, самого человека, неспособного во многих случаях управлять ими, позволяют отнести данные процессы к категории техногенных.

Различные виды деятельности человека, влияющие на земную кору, С. П. Горшков объединяет в несколько типов мероприятий:

1) добыча полезных ископаемых; 2) урбано-промышленные; 3) водохозяйственные; 4) коммуникационно-транспортные вне города; 5) сельскохозяйственные; 6) лесохозяйственные; 7) рекреационные; 8) военные. Многие из них проявляются совместно.

А. А. Махорин (1985) на основе анализа ранее предложенных классификаций выделяет 11 основных видов техногенных воздействий на геологическую среду: 1) статические нагрузки от инженерных сооружений; 2) динамические нагрузки; 3) строительные выемки, создание карьеров; 4) создание подземных полостей; 5) земляные сооружения (насыпи, отвалы); 6) создание водохранилищ; 7) создание каналов; 8) групповые водозаборы, добыча нефти и газа; 9) орошение земель; 10) сброс и складирование промышленных вод и отходов; 11) нарушение растительного и почвенного покрова.

В последующих разделах рассмотрены некоторые основные виды техногенных воздействий на геологическую среду Пермской области.

## **2. ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ**

Полезные ископаемые (газообразные, жидкие и твердые) по промышленному использованию разделяются на группы: 1) рудные (металлические); 2) нерудные (неметаллические); 3) горючие (каустобиолиты); 4) гидроминеральные. Полезные ископаемые используются для нужд производства как без предварительной переработки, так и для извлечения из него необходимых компонентов (руда). Для целей размещения горнодобывающих предприятий систематически отчуждается значительное количество земельных угодий. В СССР за 9-ю пятилетку для несельскохозяйственных целей в среднем за год отчуждалось около 2 млн. га земли (Мосинец, Грязнов, 1978). Доля горнодобывающих предприятий при этом резко доминирует. В мире действует свыше 40 тыс. горнодобывающих предприятий с общим объемом переработки горной массы около 30 млрд. куб. м в год (Методика..., 1988). На земном шаре к 1980 г. образовались отвалы пород и производственных отходов в объеме 1598 куб. км (Горшков, 1982). В настоящее время при горных разработках ежегодно перемещается около 100 млрд. т породы (Котлов, 1978), а к 2000 году этот показатель должен возрасти в 6 раз.

Объекты горнодобывающей промышленности в значительной степени влияют на глубокие горизонты геологической среды, вызывая перераспределение напряжений в земной коре, изменение гидродинамических и гидрогеохимических параметров подземных вод (Мироненко и др., 1980; Плотников, Краевский, 1983).

### **2.1. Изменение геологической среды в процессе добычи полезного ископаемого**

В.Н.Мосинец и М.В.Грязнов (1978) показали отрицательное влияние горнодобывающих предприятий на многие компоненты геологической среды. Изменения земной коры происходят как в процессе добычи полезного ископаемого, так и в результате процессов-следствий. При извлечении твердых ископаемых осуществляется комплекс горнотехнических мероприятий, которые приводят к изменению геологических,

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

геоморфологических, гидрогеологических, гидрологических и метеорологических условий как в районе добычи, так и на смежных площадях. Наиболее характерные виды воздействия горнодобывающих предприятий на геологическую среду: 1) отчуждение площадей для размещения горнодобывающих предприятий, их комплексов, сопровождающих и вспомогательных сооружений; 2) нарушение естественных ландшафтов; 3) нарушение естественных свойств геологической среды за счет истощения запасов подземных вод, нарушения условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод; 4) нарушение естественных свойств геологической среды за счет изменения геофизических полей (гравитационного, электрического, магнитного, температурного и др.); 5) сумма нарушений, последствиями которых являются заметные или существенные осложнения при производстве горных работ (Методика..., 1988).

Особая группа мероприятий проводится в пределах площади горного отвода и смежных территорий с целью уменьшения негативного эффекта явлений, возникающих при добыче. Самостоятельный комплекс работ - рекультивация земель.

Добыча из карьеров строительных материалов достигает почти 100%. При карьерной добыче полезных ископаемых перемещение горных масс техническими средствами производится:

1) при удалении вскрышных пород; 2) при устройстве канав для отвода поверхностных вод; 3) при извлечении полезного ископаемого; 4) при формировании отвалов из хвостов при обогащении руд. Все эти мероприятия приводят к значительному изменению рельефа. В. А. Овчинников формы рельефа, созданные человеком при карьерной добыче полезных ископаемых, а также при их переработке, подразделяет на денудационные (карьеры, траншеи, канавы), аккумулятивные (внешние отвалы, насыпи, дамбы) и денудационно-аккумулятивные (внутренние отвалы).

Дражные разработки россыпных полезных ископаемых и стройматериалов приводят к образованию вскрышных отвалов пустой породы, карьеров, плотин, дамб, валов, впадин.

Подземная добыча полезных ископаемых ведется путем спиралеобразных, стволово-камерных и обычных выработок, состоящих из шахтных стволов и штолен. При добыче каждой тысячи тонн угля шахтным способом на поверхность в среднем доставляется 100-115 куб. м породы (Тютюнова, 1987). В 1986 г. общая площадь, занимаемая отвалами на территории СССР, составляла 10 тыс. га. Породные отвалы помимо отчуждения земель создают загрязнение окружающей среды. Шахтные отвалы имеют различную форму: платообразную одноярусную и многоярусную, гребневидную, коническую. В связи с негативным воздействием отвалов на окружающую среду во многих странах увеличивают закладку пустой породы в подземные выработки. Согласно Е. А. Будзило, в Польше и ФРГ пустая порода из большинства угольных шахт закладывается в выработанное пространство. В ФРГ ежегодно с поверхности закладывается в подземные выработки 3-4, во Франции 6-7, в Польше 4-5, в ЧСФР около 2 млн. куб. м породы.

Извлечение подземных вод. В последнее время в СССР при добыче угля из карьеров и шахт ежегодно выдается на поверхность около 2,4 куб. км шахтных, дренажных и шламовых вод (Мосинец, Грязнов, 1978). В процессе добычи угля обычно вскрывается несколько водоносных горизонтов. В Кизеловском каменноугольном бассейне в связи с обводнением карбонатных пород кровли добыча ведется с откачкой воды. Водопритоки из закарстованных пород достигают 2000-2500 куб. м/ч. В результате формируются депрессионные воронки, изменяются условия водообмена в зоне влияния шахт.

Поступление газообразных и пылеватых частиц в атмосферу. При ежегодной добыче 2 млрд. т угля из недр извлекается 26,5 млрд. куб. м метана и 16,8 млрд. куб. м углекислого газа (Айруни, 1979). С вентиляционными потоками выносятся также пыль. Она образуется при погрузочно-транспортных работах и продуцируется на обогатительных фабриках.

## 2.2. Природно-техногенные процессы

При разработке полезных ископаемых, сопровождающейся извлечением из массивов твердых, жидких и газообразных продуктов, создаются условия для развития таких процессов, как оползни, обвалы, осыпи, оплывины, просадки, деформации пород над выработками, стихийное накопление культурного слоя, нарушение состояния поверхностных вод (уменьшение и увеличение расхода), загрязнение подземных и поверхностных вод.

Водоотбор и формирование депрессионных воронок приводят к снижению расходов рек, исчезновению родников, небольших рек. Следствием сброса сточных вод является увеличение расхода рек на отдельных участках. Сброс шахтных вод сопровождается загрязнением поверхностных и подземных вод.

Химический состав шахтных вод зависит от содержания в углях и породах угленосных формаций сульфидной серы, карбонатов и рассеянных элементов. При содержании серы более 4% формируются кислые (рН 2-3) сульфатные воды с минерализацией от 3 до 35 г/л. В результате смешения в процессе эксплуатации с природными водами возрастает их окислительный потенциал (рН повышается до 7,5). Взаимодействуя с углем и породами, они приобретают сульфатный железисто-алюминиевый кальциевый состав. Содержание ряда микроэлементов (свита, меди, цинка, никеля, кобальта) увеличивается на несколько порядков.

Изменение геологических, геоморфологических, гидрогеологических, гидрологических и метеорологических условий в районах добычи полезных ископаемых сопровождается проявлением природно-техногенных процессов. Некоторые из них охарактеризованы Ф.В. Котловым (1978).

Горные удары происходят вследствие разгрузки энергии упругой деформации высокопрочных скальных пород в местах максимальных концентраций напряжений и их перераспределения в связи с проходкой на глубинах обычно более 200 м. Горные удары сопровождаются местными техногенными землетрясениями силой 6-7 баллов. Можно предположить, что они провоцируются в некоторых случаях слабыми тектоническими землетрясениями. При прогибании и деформации кровли выработанного пространства активизируются обвальные процессы в полостях и пещерах вышележащих закарстованных известняков.

Внезапные выбросы угля и газа в выработки в зонах тектонических нарушений угольного пласта характерны для глубин более 100-250 м.

Прорывы поверхностных и подземных вод возникают внезапно при вскрытии водоносных горизонтов через трещины и пустоты.

Подземные пожары в результате самовозгорания и загорания при производстве горных работ сопровождаются обрушением и сдвижением пород.

В депрессионных зонах, возникающих при откачках воды, происходят физико-химические изменения пород: фильтрационная деформация, подземный размыв и вынос веществ, иногда процессы кольматации.

К группе поверхностных относятся процессы на поверхности и в толще искусственных грунтов и в зоне их влияния: выветривание и почвообразование, эоловый перенос и аккумуляция, криогенные процессы, ускоренная эрозия, ускоренная аккумуляция, термические оползни - обрушения и выбросы породы при горении отвалов, а также провалы над горными выработками. Часть из них приводит к увеличению химического и механического речного стока.

Самовозгорание терриконов, выветривание и почвообразование. Значительные изменения всех элементов ландшафта наблюдаются в зоне влияния породных отвалов угольных шахт. При добыче каждой тысячи тонн угля шахтным способом на поверхность в среднем доставляется 100-115 куб. м породы (Тютюнова, 1987). В 1986 г. общая площадь, занимаемая отвалами на территории СССР, составила 10 тыс. га. Породные отвалы помимо отчуждения земель создают загрязнение окружающей среды.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

Породные отвалы состоят из обломков аргиллита, песчаника, известняка с включением угля. Они складываются в виде терриконов высотой до 80 м, которые вследствие наличия горючих веществ возгораются. Породы отвалов геохимически неоднородны, что - определяется литологией разрабатываемой толщи, технологией добычи и процессами преобразования углеотходов на земной поверхности.

В состав угленосных толщ входят главные и малые элементы (Металлогения..., 1987). Главные с содержанием более 1% представлены элементами органической части каустобиолитов (углерод, водород, .-кислород, азот), золообразующими элементами углей и породообразующими вмещающих их пород (кремний, алюминий, железо, кальций, магний, калий, натрий), токсичными и технологически вредными компонентами топлива (сера, фосфор).

Содержание серы по отдельным месторождениям достигает 12%, а на некоторых локальных участках до 20%. Наиболее высокосернистые угли Подмосковского, Донецкого, Кизеловского (среднее содержание 5,2%), Днепропетровского и некоторых других месторождений. Твердые каустобиолиты содержат серу в сульфидах (пирит, реже марказит), органических соединениях, сульфатах (гипс) и элементарном виде. В окислительной обстановке земной поверхности такие элементы, как сера, кальций, магний, натрий, входящие в состав углей и породообразующих минералов, обладают очень сильной интенсивностью миграции.

Складированные на поверхности земли породные отвалы подвергаются техногенной минерализации в результате процессов переплавления и обжига пород, перегонки углистых включений, фумарольных явлений, выветривания и могут рассматриваться в качестве минерально-сырьевого комплекса, объединяющего как природные, так и техногенные минералы. Например, среди техногенных минералов горелых отвалов угольных предприятий Челябинского угольного бассейна описано 43 вида, из них 15 установленных впервые для Урала, 9 - для СССР. Среди минералов - самородное железо, графит, сера и другие серосодержащие минералы: когенит, пирит, пирротин, халькозин, ковеллин, галенит, ольгамит, водный полисульфид кальция, сульфалимит, сульфаты аммония, алюминия, магния и другие (Чесноков и др., 1988).

В зоне выветривания техногенные грунты следует рассматривать как сложные геохимические системы, в которых образуются растворимые и нерастворимые продукты, влияющие на геологическую среду, и инженерные сооружения. Особенно интенсивно протекают химическое и биохимическое выветривание, окисление, растворение, выщелачивание, метасоматоз, гидролиз, гидратация.

Окислению подвергаются и другие минералы с закисными формами атомов. Окисление сульфидов железа (пирита, марказита) сопровождается выделением серной кислоты и снижением рН до 3,5-1,5. Экзотермические реакции, по мнению некоторых исследователей, повышают температуру до уровня самовозгорания. Гидролизу подвергаются силикаты, причем растворимые соединения экстрагируются.

Экзотермические реакции приводят к самовозгоранию отвалов. Горение отвалов продолжается в течение нескольких лет. Это ведет к загрязнению атмосферы продуктами горения и осаждению их на поверхности земли. В атмосферу выбрасывается газовый дым, твердые частицы которого представлены сажей, коксом, силикатными шариками, кристаллами гипса и органическими остатками. В газовой фазе преобладают сернистый газ и окислы азота.

### **3. ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ В КИЗЕЛОВСКОМ КАМЕННОУГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ**

#### **3.1. Общие сведения о бассейне**

Кизеловский угольный бассейн расположен в западной складчатой зоне Урала. Угленосные отложения протягиваются полосой (ширина 5-20 км) на расстоянии около 150

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

км. Площадь бассейна около 200 кв. км. Запасы угля 464 млн. т (1985 г.). Уголь открыт в 1783 г., добыча начата в 1797 г. В годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. добыча достигла максимума (до 12 млн. т угля в год). В связи с отработкой запасов на верхних горизонтах добыча угля снизилась и в 1984 г. составила 3,7 млн. т.

В маломощной (50-250 м) угленосной формации визейского яруса нижнего карбона содержатся четыре угольных пласта рабочей мощности, из них пласты № 11 и 13 мощностью 0,6-3,5 м (максимальной 2,5 м) имеют почти повсеместное распространение и заключают около 75% общих запасов угля. Пласты № 5 и 9 достигают рабочего значения на локальных участках. К северу от р. Яйвы (Вишерский район) промышленная угленосность отсутствует, к югу от р. Чусовой (Чусовской район) известна на небольших месторождениях. Характер залегания пластов линзовидный, строение обычно простое.

Главная тектоническая структура представлена меридионально вытянутой центральной антиклинальной зоной. К западу от нее развиты Главная Кизеловская антиклиналь, Косогорская, Косьвинская и Усьвинская синклинали, к востоку - Коспашско-Полуденная, Шумихинская, Бруснянская и Гремячинская синклинали. Глубина залегания угленосных отложений с синклиналях 600- 2000 м. Основные структуры с наиболее высокой угленосностью - Главная Кизеловская антиклиналь с крутым (50-70°) западным и более пологим (20-40°) восточным крыльями, Коспашско-Полуденная, Усьвинская и Гремячинская синклинали.

Угленосная толща интенсивно дислоцирована. Крупные сопряженные линейные антиклинальные и синклинальные структуры, брахискладки осложнены вторичной складчатостью и крупными надвигами с амплитудой смещения в сотни и тысячи метров и восточным падением сместителя. Развиты малоамплитудные флексуры, взбросы, ступенчатые сбросы.

Угли каменные, преимущественно дюреновые, марок Г и Ж, повышено зольные, высокосернистые. Перспективы дальнейшего развития бассейна крайне ограничены. Неосвоенные месторождения и участки характеризуются слабой угленасыщенностью или сложными горно-геологическими условиями

Добычу угля шахтами глубиной в среднем 500 м осуществляет ПО "Кизелуголь". В бассейне работает 18 шахт мощностью 120- 500 тыс. т/год. Угли частично используются (в смеси с кузнецкими малосернистыми углями) для коксования на Губахинском коксохимическом заводе. Получаемый кокс используется для плавки никелевых руд. Основная часть добываемых углей идет на энергетические нужды. На территории бассейна развита горнорудная и перерабатывающая отрасли промышленности с центрами в гг. Александровск, Гремячинск, Губаха, Кизел, Чусовой и др. (Миронов, Поляков, 1987; Миронов, 1982). Горно-геологические условия разработки сложные вследствие интенсивной нарушенное(tm) толщи и больших глубин разработки (до 1020 м), обводненности закарстованной вышележащей толщи известняков.

### **3.2. Изменение геологической среды под воздействием твердых отходов угледобычи**

Наиболее существенное воздействие на геологическую среду оказывают отходы угледобычи и углеобогащения, складированные в отвалы и шахтные воды, сбрасываемые в гидрографическую сеть.

Перемещение пород на земную поверхность из зоны кислородного дефицита, разгрузка их от горного давления приводят к образованию техногенных грунтов отвалов угольных шахт, в которых активизируются физическое выветривание, окисление, растворение, гидролиз, гидратация, метасоматоз и другие процессы. В результате этих процессов возникают растворимые и нерастворимые продукты, влияющие на окружающую среду и инженерные сооружения. Породы отвалов геохимически неоднородны, что определяется литологией угленосной толщи, технологией добычи и процессами преобразования углеотходов на земной поверхности. Они складированы в виде терриконов высотой до 80 м.



Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

По данным И. В. Еремина, содержание чистого угля в составе месторождений Кизеловского каменноугольного бассейна колеблется от 71 (Шумихинское, шахта Шумихинская 1) до 94 (Главная антиклиналь, шахта Ключевская), глины от 2 до 18, пирита от 1 до 9%. Характерной реакцией преобразования-отвалов является окисление пирита в сульфаты. Образующаяся при этом серная кислота воздействует как окислитель. Она разлагает силикаты. В кислой среде становятся подвижными многие элементы. Растворы обогащаются железом, алюминием, магнием, натрием, калием. Реакции окисления сопровождаются выделением тепла и самовозгоранием отвалов. В местах горения температура достигает 1000°.

Горение отвалов продолжается в течение нескольких лет. Это ведет к загрязнению атмосферы продуктами горения и осаждению их на поверхности земли. В атмосферу выбрасывается газовый дым, твердые частицы которого представлены сажей, коксом, силикатными шариками, кристаллами гипса и органическими остатками. В газовой фазе преобладает сернистый газ и окислы азота.

В результате процессов выветривания, обжига и переплавления, фумарольных явлений в складированных на поверхности горящих и отгоревших отвалах образуется комплекс природно-техногенных минералов.

Представление о геохимии отвалов Кизеловского бассейна и протекающих в них процессах техногенной минерализации получено на основе изучения их минералогии. В пробах грунта из отвалов шахт им. Калинина, им. Крупской, им. Урицкого, Центральной, Ключевской, а также со дна р.Косьвы, на участках, сложенных отвалами, обнаружено 43 минерала. Это минералы, характерные для угленосной толщи (первичные) и продукты техногенных геохимических процессов (вторичные). Среди них присутствуют серо-содержащие: пирит, марказит, ярозит, алунит, гипс.

Одним из загрязняющих элементов является сера. Е. М. Никифорова и Н. П. Солнцева (1985) намечают следующие основные источники поступления серы в природную среду: 1) энергоотопительные системы; 2) обогатительные и коксохимические предприятия; 3) шахтные дворы; 4) отвалы, содержащие сульфиды; 5) шахтные воды.

Содержание серы сульфидов в разновозрастных отвалах изменяется от 3,5 до 8,0 процента, составляя в среднем 5,5 процента. Породы имеют сильноокислую реакцию (рН водной суспензии 1,9\_2,6), слабо изменяющуюся со временем: в отвалах пород 50-летнего возраста сохраняется сильноокислая среда (табл. 1).

Таблица 1

**Некоторые химические свойства вскрышных пород  
Кизеловского угольного бассейна по Е.М. Никифоровой и Н.П. Солнцевой (1985)**

Шахта	Возраст отвалов, годы	Глубина, см	рН Н <sub>2</sub> О	Сухой остаток воднораств. солей,%	Типы засоления	Сера валовая, %	Кол-во определений
№38	5	0-90	1.91	2.095	Cl-SO <sub>4</sub>	6.00	11
“Жонес”	30	0-250	2.62	0.581	SO <sub>4</sub>	5.49	5
“Тригорий”	50	0-100	3.18	0.092	SO <sub>4</sub>	4.60	7

Дождевые и талые воды, фильтрующиеся через толщу отвалов и стекающие по их поверхности, обогащаются растворимыми соединениями и формируют техногенные геохимические потоки. Содержание сульфат-ионов в этих потоках может достигать значительные величин (табл.2).

**Содержание сульфат-иона в фильтрационных водах  
Ряда шахт Кизеловского бассейна  
По Е.М. Никифоровой и Н.П. Солнцевой (1985)**

Шахта	Возраст отвалов, годы	Номер пробы	pH	Сухой остаток, г/л	Сульфат-ион, г/л
№ 38	5	Ia	1.8	65.70	46.69
№ 38	5	IIa	1.8	54.77	35.85
№ 38	5	IIб	1.6	45.00	33.95
№ 38	5	IIв	1.8	32.60	29.02
“Жонес”	30	510	2.3	1.78	1.15
“Жонес”	30	517	2.4	1.92	1.49
		514	2.5	0.65	0.38
“Григорий”	50	521	3.0	0.37	0.16
“Григорий”	50	522	3.0	0.06	0.04
“Григорий”	50	523	3.5	0.08	0.06
“Григорий”	50	525	3.5	0.04	0.03

Наиболее высокое содержание сульфат-иона наблюдается в фильтрационных водах, поступающих из отвалов 5-летнего возраста. В сульфатной форме переносятся железо, алюминий, марганец, преобладающие в растворах, и ряд токсичных тяжелых металлов,

Состав и количество фильтрационных вод зависят от режима атмосферных осадков. После выпадения осадков количество воднорастворимых соединений в потоках заметно падает, однако после окончания дождя высокие концентрации сульфатов в фильтрационных водах быстро восстанавливаются. Меняется и кислотность вод. Наряду с растворенными веществами техногенные потоки переносят от отвалов большое количество коллоидных соединений и механических взвесей, среди которых значительную роль также играют соединения серы.

Загрязняющим компонентом является не только сера. По данным И. А. Зуева и С. А. Бакиной (1980), исследовавших состав поверхностного стока с территории шахт Шумихинская и Широковская, основными загрязняющими компонентами дождевого стока являются взвешенные вещества - до 324, алюминий до 1620, железо (двух- и трехвалентное) до 3496 мг/л. Максимальное содержание сульфатов достигает 15,9 при минерализации воды 18,9 г/л. Обнаружены также микроэлементы: никель 0,9; медь 0,3; свинец 0,06; кобальт 1,7 мг/л. Объектами, загрязняющими поверхностный сток, здесь являются породные отвалы, обогатительные фабрики, угольный и лесной склады, котельная и склад ГСМ.

Загрязнение распространяется и на почвы, валовое содержание серы в которых может достигать 5%. Количество подвижных (воднорастворимых) соединений серы в почвах, содержание отдельных форм элемента, его валовое содержание меняются в вертикальном разрезе, по мере удаления от источника загрязнения, при смене окислительно-восстановительных обстановок. При смене окислительных обстановок восстановительными могут формироваться зоны активного накопления элемента на расстоянии от источника загрязнения до 1,5-2,5 км и более в виде вторичных сульфидов (пирита).

Е. М. Никифорова и Н. П. Солнцева (1985) приходят к выводу, что в окислительной обстановке почти вся техногенная сера мигрирует в форме сульфатов. В таежных ландшафтах такие аномалии относительно неустойчивы и активно деградируют. В восстановительных или периодически восстановительных условиях увеличивается доля пиритной серы, что способствует закреплению элемента в почвах даже в условиях гумидного климата. Вторичные сульфиды, образованные в анаэробных условиях, могут служить причиной возникновения почвенной токсичности в результате процессов иммобилизации тяжелых металлов. Техногенные флюиды, формирующиеся на отвалах и в зонах их влияния,

кроме ухудшения экологического состояния окружающей среды ведут к изменению физико-механических и фильтрационных свойств грунтов, что может сопровождаться развитием оползней, карста, осадкой сооружений и других процессов.

### **3.3. Воздействие шахтных вод на геологическую среду**

В процессе добычи угля обычно вскрываются водоносные горизонты. В Кизеловском каменноугольном бассейне вследствие интенсивной нарушенности угленосной толщи, больших глубин разработки (до 1 км), наличия в покрывающих отложениях закарстованных карбонатных пород водопритоки в шахты составляют в зоне влияния карста от 1000 до 2500 куб. м/ч. Химический состав шахтных вод зависит в основном от гидродинамических условий, содержания в угленосных формациях серы, карбонатов и рассеянных элементов. При содержании серы в углях более 4% вода приобретает кислую реакцию (рН 2-3) и сульфатный состав. Трещинно-карстовые воды карбонатных пород, обладающие высоким окислительным потенциалом, нейтральной средой (рН 7,3- 7,5), гидрокарбонатно-кальциевым составом и минерализацией 0,06-1,5 г/л, в горных выработках взаимодействуют с богатыми серой угленосными породами и преобразуются в кислые сульфатные железисто-алюминиевые натриево-кальциевые воды с минерализацией 2,5-19,0 г/л. В ходе эксплуатации месторождения в связи с увеличением водо- и воздухообмена и объема пород, вовлеченных в геохимические процессы, минерализация может возрасти до 35 г/л. Содержание микроэлементов - свинца, меди, цинка, серебра, никеля, кобальта - в шахтных водах на несколько порядков больше по сравнению с природными.

Шахтами Кизеловского угольного бассейна сбрасывается ежегодно в реки практически без очистки более 100 млн. куб. м сточных вод, загрязненных сульфатами, закисным и окисным железом, алюминием, взвешенными веществами. Содержание сульфатов в шахтных водах достигает 1,7; железа 0,26; алюминия 0,08 г/л; рН 3,1-2,5 (Баньковская, Максимович, 1987).

Шахтные воды, стоки с отвалов, загрязненные подземные воды, попадая в поверхностные водотоки, изменяют их состав. Гидрохимическое опробование р. Косьвы показало, что в естественных условиях минерализация речной воды составляет 53-250 мг/л, при преобладании гидрокарбонатного и кальциевого ионов (рН 6,5- 7,8). В пределах бассейна на отдельных участках минерализация воды превышает 5 г/л (рН 2,3-3,1), причем преобладает сульфатный ион и резко возрастает содержание соединений кремния (до 3,6 г/л).

### **3.4. Другие негативные природно-техногенные процессы**

В бассейне отмечается активизация карста. Угленосная толща визейского яруса нижнего карбона залегает под закарстованными карбонатными породами. Некоторые шахты прошли полости и пещеры, заполненные водой. В зоне влияния карста водопритоки в шахты резко возрастают. В результате дренажа карстовых вод развиваются депрессионные воронки, в зону активного водообмена и карстования вовлекаются мощные толщи карбонатных пород. При взаимодействии с серосодержащими угленосными породами гидрокарбонатные карстовые воды преобразуются в кислые сульфатные воды, обогащенные железом, алюминием и другими микрокомпонентами. Шахтные воды стекают в реки и местами поглощаются карстовыми понорами (Баньковская, 1988). При движении по карстовым каналам в карбонатных породах кислые (рН 3-4) загрязненные шахтные воды частично нейтрализуются и очищаются. По данным Л. В. Печеркиной и др. (1988), в южной части бассейна шахтные воды сбрасываются в р. Глухую, которая исчезает в пещере и течет 7 км подземным путем. Река питает родник в долине р. Чусовой, дебит которого в паводок достигает 10 тыс. куб. м/ч. После прохождения шахтных вод по подземным карстовым каналам снижается в десятки и сотни раз концентрация железа, алюминия, сульфатов. В то

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

же время происходит загрязнение сталактитов и сталагмитов в пещерах гидроксидами железа, соединениями марганца. Некоторые полости, заполняясь осадками, исчезают.

Из других процессов необходимо отметить горные удары, которые фиксируются в отработанном пространстве шахт. Они могут сопровождаться местными землетрясениями. Например, в 1934 г. в В.Губахе отмечено несколько землетрясений: 20-25 октября, 21 ноября (4 балла), 28 ноября (звон посуды и оконных стекол, смещение предметов обстановки), в декабре толчки отмечались реже. Комиссия Кизеловского горсовета объяснила землетрясение обрушением пород в выработанном пространстве шахт и в карстовых полостях вышележащих пород (Г. Максимович, 1964).

Тектонические землетрясения могут провоцировать техногенные. Вероятно наведенными являются землетрясения в Кизеле и Губахе в марте 1986 г., апреле 1987 г. (5-6 баллов), в декабре 1988 г. В августе 1973 г. повреждено административное здание Кизеловской шахты им. В. И. Ленина. Это землетрясение оценивается в 6-7 баллов (газета "Звезда", № 25, 31.01.89).

Таким образом, в Кизеловском каменноугольном бассейне отмечаются различные виды техногенных и природно-техногенных процессов: горные удары, землетрясения, изменение гидрогеологических условий, загрязнение подземных вод, активизация карста, изменение рельефа, загрязнение поверхностного стока, почв и грунтов, рек. Оценка их влияния на окружающую среду предполагает на первом этапе исследований сбор данных об источниках загрязнения окружающей среды: 1) добыче каменного угля, его составе; 2) объеме извлекаемой пустой породы; 3) площади, объеме, форме залегания породных отвалов; 4) составе (минеральном, химическом) породных отвалов, их возрасте; 5) составе инфильтрующихся и вод поверхностного стока на разном удалении от источника загрязнения; 6) водопритоках в шахты и объеме сбрасываемых шахтных вод; 7) составе сбрасываемых шахтных вод; 8) составе речных вод на различном удалении от источников загрязнения; 9) составе донных речных наносов, наличии на них следов техногенного воздействия.

На втором этапе изучаются процессы, протекающие в техногенных образованиях (отвалах угольных шахт, шахтных водах) и на их границе с различными элементами природной среды (воздушными массами, поверхностными и подземными водами, грунтами, донными наносами); выявляются основные виды техногенного воздействия на окружающую среду; устанавливаются параметры изменения окружающей среды под влиянием этих воздействий.

На третьем этапе обобщаются все данные о состоянии окружающей среды на основе карт техногенной нагрузки и прогнозируется ее изменение под влиянием техногенных воздействий. Конечной целью является разработка мероприятий по ее защите и охране.

## **4. ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ В ВЕРХНЕКАМСКОМ СОЛЕНОСНОМ БАССЕЙНЕ**

### **4.1. Общие сведения о бассейне**

Верхнекамский соленосный бассейн расположен на левом берегу р. Камы, между р. Вишерой на севере и р. Яйвой на юге, в пределах Соликамской депрессии Предуральяского прогиба. С соляными породами бассейна генетически связано Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, открытое в 1925 г. под руководством П. И. Преображенского (Горная энциклопедия, 1984).

Соляные формации вытянуты с севера на юг на 200 км при ширине полосы до 50 км, площади 6,5 тыс. кв. км. Они относятся к филипповскому (ангидриты, карбонаты) и иренскому (ангидриты, соли) горизонтам кунгурского яруса нижней перми и нижней части соликамского горизонта (глины, мергели, соли) уфимского яруса верхней перми. На большей части Соликамской депрессии распространен карбонатно-сульфатный тип разреза филипповского горизонта (известняки, доломиты, ангидриты). Иренский горизонт

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

(березниковская свита) включает глинисто-ангидритовую, соленосную и переходную толщи. Соленосная толща делится на подстилающую каменную соль (140-400 м), сильвинитовую (20 м), сильвинито-карналлитовую (60-70 м) зоны и покровную каменную соль (0-55 м). Общая мощность березниковской свиты 400-725 м.

Залежь калийных солей имеет протяженность 136 км, ширину до 40 км, площадь 3,5 тыс. кв. км. Промышленные запасы 3,8 млрд. т, перспективные - 15,7 млрд. т К20.

Вышележащий уфимский ярус представлен соликамским и шешминским горизонтами. Соликамский горизонт (до 200 м) состоит из соляно-мергельной (глины, мергели, гипсы, каменная соль) и терригенно-карбонатной (известняки, мергели с прослоями гипса, доломита, песчаника) толщ. Шешминский горизонт фациально изменчив. Он включает чередующиеся аргиллиты, алевролиты, песчаники, конгломераты и известняки.

Локально встречаются палеогеновые (глины, кварцевые песчано-гравийные) и неогеновые (глины, пески, суглинки с прослоями торфа) отложения. Повсеместно развиты четвертичные образования: элювиальные и делювиальные (суглинки и глины со щебнем), аллювиальные (галечники, пески, суглинки с торфом), гляциальные и флювиогляциальные (пески, суглинки, гравий, галька).

Соляная залежь представляет сложное геологическое тело. При относительно ровной подошве соляные отложения образуют пологие валообразные структуры, осложненные куполовидными поднятиями, чередующимися с мульдами и синклиналиными прогибами. Амплитуда соляных структур изменяется от нескольких десятков до 400 м и более.

Надсолевые отложения повторяют в сглаженном виде кровлю соляных структур. Некоторые структуры осложнены разрывными нарушениями. Соляная толща отличается дисгармоничной складчатостью. В сводах ряда соляных структур на разных гипсометрических уровнях располагаются глинисто-гипсовые шляпы. Покрывающие соль породы, за исключением глинистых, сильно трещиноваты. В солях благодаря их пластичности трещины обладают способностью залечиваться. Несмотря на это в них отмечены разрывные нарушения как тектонические, так и техногенные.

Зона активного водообмена терригенно-карбонатных пород, содержащая водоносные горизонты, ограничена водоупорными породами соляно-мергельной толщи. К контакту с соляными породами приурочен рассольный горизонт.

Верхнекамский промышленный район относится к двум инженерно-геологическим областям (Зилинг, 1983) - аккумулятивной равнине и денудационно-эрозионной предгорной равнине. Первая область охватывает террасы р. Камы, где грунтовые воды залегают на глубине в пределах поймы до 2 м, на надпойменных террасах от 2 до 6 м. Предгорная равнина отличается меньшей мощностью четвертичных отложений и глубиной залегания подземных вод от 10 до 60 м.

Верхнекамский промышленный комплекс включает, кроме калийных комбинатов, города и поселки, крупные водозаборы, линейные сооружения, предприятия лесоперерабатывающей и нефтяной промышленности. Добыча соли ведется здесь более 500 лет. Рудники сосредоточены в районе Березников и Соликамска. В 1981 г. добыто около 27 млн. т руды. Система разработки камерная. Отбойка механическая, в значительно меньшем объеме буро-взрывная; доставка - самоходными вагонами, конвейерами. Разработка осложнена обводненностью надсолевых пород, сложной внутренней тектоникой, неустойчивостью кроали и газодинамическими явлениями.

Физико-географические и геологические условия не обеспечивают надежную защиту геологической среды от негативного техногенного воздействия. Достаточное увлажнение (600-800 мм осадков в год), наличие проницаемых растворимых пород, отсутствие в покровной толще выдержанных водоупоров, сложная тектоника, хорошая дренированность усиливают техногенное воздействие на геологическую среду.

Верхнекамский бассейн калийных солей с комплексом горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, включая часть акватории Камского водохранилища,

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

представляет собой зону интенсивного воздействия человека на природную, в частности геологическую среду.

Техногенные воздействия на геологическую среду носят сложный комплексный характер, охватывая все ее компоненты (породы, рельеф, почвы, поверхностные и подземные воды, приповерхностную атмосферу, современные геологические процессы). Они имеют наступательную, прогрессирующую тенденцию развития, что обусловлено строительством и вводом в эксплуатацию новых калийных рудников и перерабатывающих предприятий, а также неуклонно возрастающим изменением самой среды.

К техногенным мероприятиям, воздействующим на геологическую среду, относятся шахтная разработка, складирование на поверхности отходов обогащения руд, застройка территории. Как следствие этих мероприятий происходят процессы сдвижения массивов горных пород на подрабатываемых участках, оседание и провалы поверхности, засоление и изменение свойств грунтов, загрязнение поверхностных и подземных вод. Источниками загрязнения (засоления) являются промплощадки, солеотвалы, рассоло-сборники, шламохранилища, на территории древних рассолопро-мыслов - фонтанирующие скважины.

Как отмечает Д. Г. Зилинг (1983), основные изменения геологической среды, охватывающие значительные площади, должны учитываться при разработке природоохранных мероприятий.

#### **4.2. Сдвижение пород, оседание поверхности, провалы**

Сдвижение пород над выработанным пространством, сопровождающееся опусканием земной поверхности и проявлением наведенной трещиноватости, по мнению И. А. Кудряшова и других, изменяет на отдельных участках гидравлические уклоны и приводит к появлению новых базисов дренирования водоносных горизонтов. Эти процессы влияют на условия водоснабжения, способствуют подтоплению, заболачиванию, изменению площадей поверхностных водоемов. Наведенная трещиноватость увеличивает инфильтрацию из шламохранилищ и миграцию загрязненных растворов, что в конечном итоге ведет к засолению грунтов и водоносных горизонтов.

Данные об оседаниях поверхности базируются на многолетних инструментальных наблюдениях, выполненных по опорным профилям. По данным А. Г. Шадрина и Н. Ф. Аникина (1974), при первичной подработке одного пласта месторождения скорость оседания поверхности над ним составляет 2-10 мм/год, а при повторной подработке она возрастает до 20-30 и даже 100 мм/год. На Соликамском руднике суммарные оседания за 19 лет составили 558 мм. На третьем Березниковском руднике за 1974-1976 гг. максимальные просадки 74 мм, а прогнозируемые на 1977-1980 гг. составят в сумме 1834 мм (Шадрин и др., 1978). Согласно прогнозам, просадка поверхности в районах шахтных полей в конечную стадию не превысит 3-5 м. Однако опыт работы на СКРУ-1 показал, что при определенных горно-геологических условиях скорость просадки поверхности может возрастать до 1,5 м/год, а ее амплитуда достигать 3,5 м. Такие просадки представляют опасность для зданий и сооружений. При глубоком залегании грунтовых вод и интенсивном эрозионном расчленении поверхности плавные опускания со скоростями 5-10 мм/год не окажут существенного воздействия на природные условия. При неглубоком залегании грунтовых вод осадки на 1-2 м приведут к заболачиванию и подтоплению территории.

Сдвиги пород над выработками, раскрытие трещин, просадки и изменение гидрогеологических условий могут быть причиной катастрофических провальных явлений. По данным А. Н. Котельникова, в начале января 1986 г. в одном из блоков рудника БПКРУ-3 в районе г. Березники было зафиксировано рассолопроявление из кровли выработки в виде отдельных струй (Проблемы..., 1988). С течением времени водопритоки увеличились, что привело к затоплению рудника. К концу июня все выработанное пространство шахтного поля заполнилось рассолами, расчетный объем которых составил 16 млн. куб. м. При производстве буровых работ с поверхности в районе прорыва рассолов отмечались провалы

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

бурового инструмента. По трем скважинам выделялся периодически газ, отмечалась тяга воздуха.

В ночь с 23 на 24 июля 1986 г. произошло обрушение горных пород и взрыв газа со световым эффектом в районе скважины № 10. На месте скважины образовался провал в плане 40X80 м. Провал возник в толще пород мощностью более 400 м, что практически исключало вскрытие полости (Андрейчук, Лукин, 1988). Обломки породы с поперечником до 70 см выброшены взрывом на расстояние до 600 м. Провальная впадина заполнилась водой. Развитие ее проявляется в оплывании и оползании 20-25-метровой супесчано-суглинистой флювиогляциальной толщи, залегающей на уфимских породах. В настоящее время в разрезе провала выделяются 2 части: верхняя с оползневыми склонами (20-40°) и нижняя с вертикальными обрывистыми бортами в уфимской толще глубиной (до воды) около 25 м. В одном из бортов провала отмечено нарушение с разрывом, смещением и дроблением пластов, прослеживающееся также в противоположном борту. На поверхности к нему приурочен небольшой лог, по которому течет ручей. С нарушением связана зона повышенной инфильтрации поверхностных и подземных вод.

Предпосылкой провала явилась отработка калийного пласта методом податливых целиков. При такой отработке ширина выработанных камер больше, нежели целиков между ними, что ведет к раздавливанию последних, деформациям кровли и возникновению в ней трещин, проникающих вверх на десятки метров. При пересечении их с уже существовавшим нарушением создались условия для проникновения в камеры рассолов, экранирующих соляную залежь. Формирование вертикальных каналов, усиление фильтрации, образование депрессионной впадины в рассольном горизонте привело к притоку по нарушению пресных агрессивных вод верхних горизонтов. Их воздействие обусловило прогрессивный рост полости растворения в соляной и покрывающей ее соляно-мергельной толщах, которая при достижении критических размеров вызвала обрушение. Изучение условий возникновения провала позволит прогнозировать развитие подобных явлений с целью предотвращения обрушений кровли выработанного пространства калийных рудников.

#### 4.3. Отвалообразование

На рудниках Уралкалия ежегодно появляется 16-18 млн.т солеотходов и 3 млн. т глинисто-солевых шламов. Каждый из отвалов занимает площадь до 10-15 га, достигает высоты 50-80 м, объем десятки и сотни миллионов кубометров. Материал отвалов состоит из крошки соляных пород, чешуек глины и различных включений, содержащихся в соляной толще. Размеры зерен от 1 мм до 2 см. В процессе перекристаллизации материала они увеличиваются. Форма зерен неправильная, окраска светло-серая, пестрая.

В результате естественного уплотнения и цементации отвальный материал превращается из рыхлой и сырой массы в плотную полиминеральную крупнозернистую соляную породу. Пористость свежееотсыпанного материала составляет 40-45%, а отсыпанного ранее (в основании отвала) 2%. Осадка отвальных насыпей за счет уплотнения материала достигает 15-20%. Постоянное досыпание свежего материала и его уплотнение, резкие различия свойств грунта в разных частях разреза обуславливают развитие валов выдавливания по контуру и катастрофических оползней объемом до 100-300 тыс. куб. м.

Крупная зернистость, трещиноватость (уплотнения, выветривания, разгрузки), рыхлость насыпной толщи обуславливают высокую водопроницаемость отвалов на значительную глубину. На поверхности отвалов формируется своеобразный карстовый рельеф, отличающийся от коррозийного на естественных выходах соляных пород.

С. В. Белоглазов и В. П. Костарев (1989) отмечают, что в Соликамско-Березниковском регионе формируются на больших площадях искусственные техногенные грунты, интенсивность образования которых превышает 1000 куб. м/кв. км в год. Среди них намывные, насыпные и преобразованные под влиянием химических производств в природном залегании грунты. Типичными особенностями искусственных грунтов являются

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

неоднородность состава, неравномерная сжимаемость, длительный процесс самоуплотнения, просадочность, наличие линз льда, пониженная прочность. Такие грунты не могут быть надежным основанием сооружений. В них также могут формироваться агрессивные водоносные горизонты.

#### **4.4. Засоление почв и пород**

Сушильные комплексы ГОКов выбрасывают в атмосферу несколько тонн  $KCl$  и  $NaCl$  в сутки, которые загрязняют осадки, снег, почву, реки и грунтовые воды. Засоление почв ведет к гибели или угнетению древесной растительности в радиусе от 0,1 до 3,5 км от источника загрязнения. Аналогичная картина наблюдается и вблизи солеотвалов. Источниками засоления почв и пород являются отстойники-приемники промстоков калийных ГОКов ("Белые моря"). Аварийные прорывы дамб отстойников или переливы рассолов приводят к гибели растительности в пределах затопляемой зоны и появлению выцветов солей.

#### **4.5. Засоление поверхностных и подземных вод**

Этот процесс происходит в районах всех калийных рудников, охватывая значительные площади, под воздействием не только солеотвалов и шламохранилищ, но и промышленных сбросов калийных комбинатов. Соликамский комбинат сбрасывает в р. Черную ежегодно сотни тысяч тонн солевых отходов, что приводит к увеличению минерализации реки до 200 г/л и засолению подруслового потока. Березниковский комбинат практикует сброс осветленных рассолов в р. Каму до 500 тыс.т солей в год.

К этому добавляются неучтенные сбросы промышленных сточных вод содового и магнезиевого заводов и ряда других предприятий. Эта проблема привлекла внимание ряда проектных и научно-исследовательских институтов. Ленинградский горный институт (В. А. Кирюхин, Е. В. Мольский, Н. С. Петров) провел гидрогеологические и инженерно-геологические исследования в связи с охраной подземных вод на шахтных полях действующих и строящихся рудоуправлений (1984, 1985 гг.).

Засоление и загрязнение подземных вод происходит при фильтрации промышленных сточных вод из неэкранированных шламонакопителей, рассолов из рассолосборников и солеотвалов, технологических растворов обогатительных фабрик, а также атмосферных осадков на территориях, поверхность которых загрязнена отходами, сырьем и продуктами калийного производства.

Источником засоления поверхностных вод являются загрязненные ливневый сток и талые снеговые воды, формирующиеся на промплощадках, а также питающие их засоленные подземные воды. Инфильтрующиеся растворы, содержащие значительное количество растворенных веществ и обладающие повышенной плотностью, загрязняют зону активного водообмена. Загрязненные подземные воды частично дренируются на склонах оврагов, в долинах ручьев, поступая в поверхностные воды. Наиболее обогащенные воднорастворимыми солями подземные воды погружаются в глубокие горизонты водопроницаемой толщи. Большая мощность зоны активного водообмена и отсутствие в ней выдержанных водоупоров осложняют мероприятия по ликвидации загрязнения. В связи с этим при строительстве новых калийных предприятий первостепенное значение приобретают мероприятия по предупреждению загрязнения подземных вод.

#### **4.6. Развитие карстовых процессов в отвалах**

В отвалах, характеризующихся неоднородностью, хорошей водопроницаемостью и растворимостью материала, формируются гидродинамические зоны, аналогичные зонам карстовых массивов: поверхностная, нисходящего вертикального (аэрации) и горизонтального движения воды. Источниками обводнения отвалов являются влага, отжатая



Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

из свежееотсыпанных отходов, содержащих 8-9% воды; атмосферные осадки (500-600 мм/год), а также конденсационная влага. Влага в отвалах находится в виде рассолов (100-350 г/л). Рассолы, отжатые вблизи фронта свежей отсыпки, имеют локальное распространение. Основная масса рассолов образуется из атмосферных осадков.

Большую часть вертикального разреза отвалов занимает зона аэрации. Она характеризуется высокой водопроницаемостью, особенно в верхней закарстованной части. Здесь выделяется две подзоны: вертикального перемещения растворенных веществ и нерастворимых включений мощностью 2-7 м и аккумуляции (вмывания) нерастворимого материала в виде маломощного, обогащенного глиной пласта. Последний является относительным водоупором, по которому вода стекает к подножью склона. В присклоновых частях отвалов пласт наклонен в соответствии с откосом. На глубине 1-5 см от поверхности отвалов в результате испарения влаги образуется плотная соляная корка толщиной до 1 см.

В нижней части отвалов располагается рассолонасыщенная зона. Рассолы движутся к периферии отвалов и разгружаются в виде источников у их подножья, а также путем фильтрации в отложения, залегающие в основании отвалов. Дебит источников изменяется от 0,1 до 5,0 л/с и более. Скорость фильтрации рассолов в подстилающие отложения определяется водопроницаемостью последних, наличием или отсутствием искусственного экрана, рельефом ложа. В отдельных случаях она может достигать миллиметров за сутки. По приблизительным подсчетам, за год из соле-отвала выносятся в растворенном состоянии сотни тысяч тонн солей. В местах выхода источников отлагаются туфовые плотины, а в полостях - натечные соляные агрегаты.

В отвалах формируются поверхностные и подземные карстовые формы (Андрейчук, 1989). Поверхностные формы связаны в основном с движением воды по поверхности и в зоне аэрации. Они представлены отрицательными (карровые углубления, колодцы, трубчатые образования, рвы, воронкообразные углубления, ложбины) и положительными (карровые гребни, выступы, останцы) разновидностями. Останцы генетически связаны с останками конвейерных транспортных линий (куски металла, резины, шифера), которые изолируют участки на поверхности отвалов от воздействия осадков. За десятилетие поверхность отвалов снижается на 20- 50 мм/год.

Подземные формы отвалов практически не изучены. Анализ скорости процессов растворения свидетельствует о том, что внутри отвалов должны формироваться значительные по размерам пустоты. В настоящее время обследованы лишь небольшие пещеры (Андрейчук и др., 1989) по периферии отвалов, в местах выхода на поверхность карстовых источников. Пещеры представляют собой каналы, образующиеся путем растворения и эрозионного действия подземных потоков. Длина одной из обследованных пещер около 30 м. Подземный ручей фиксируется на поверхности провальными воронками, коррозионными окнами. Стенки и своды подобных пещер очень неустойчивы, поэтому они быстро эволюционируют, преобразуясь по мере последовательного вскрытия сводов в карстово-эрозионные рвы. В случае формирования подземным ручьем нового русла они превращаются в водосборники и русла периодического стока.

Интенсивное растворение материала отвалов и вынос солей приводит к появлению оконтуривающих их зон засоления, вытянутых по направлению движения рассольных вод. По мере закарстования процесс выноса солей из отвалов усиливается. В понижениях, прилегающих к подножью отвалов, образуются озера с соленой водой, в которых происходит садка солей. Соляные озера вместе с питающими их ручьями также являются источниками загрязнения грунтовых вод территорий, прилегающих к отвалам.

#### **4.7. Активизация карста в соляной толще**

На площади Верхнекамского месторождения калийных солей выщелачивание солей отмечается при проходке и эксплуатации шахтных стволов и скважин, в зонах влияния старых рассольных скважин, районах групповых водозаборов, в отработанных горных

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

выработках (Бельтюков, 1975, 1988; Бельтюков, Голубев, 1966). При проходке и эксплуатации всех шахтных стволов несмотря на изоляцию контакта водосодержащих и соляных пород отмечались водопроявления. Объемы отдельных карстовых полостей в покровной каменной соли и карналлитовой породе достигали нескольких сотен кубометров. Наличие в зоне обводненного контакта трещин, а в некоторых случаях карстовых полостей, является причиной притока воды в шахтные стволы.

На рассматриваемой территории функционировало почти полтора десятка крупных пунктов расслодобычи, которые насчитывали более 200 скважин. Ряд скважин фонтанирует, что способствует выносу солей и образованию карстовых полостей. Г. В. Бельтюков отмечает, что в выработанном пространстве происходит как растворение соли конденсационными водами, так и отложение из перенасыщенных растворов соляных сталактитов и натечных кор.

Таким образом, техногенные воздействия на геологическую среду Верхнекамского соленосного бассейна носят прогрессирующий характер и включают ряд взаимосвязанных явлений. Полный цикл исследований должен включать учет интегрального воздействия промышленного комплекса на окружающую среду. Д. Г. Зилинг (1983) для целей прогноза рекомендует выявить в первую очередь элементы геологической среды, подвергающиеся воздействию горнодобывающего предприятия и дать оценку их изменений. С этой целью составляются карты типологического районирования на поверхностную зону (до первого регионального водоупора) и на всю мощность зоны инженерного воздействия (глубину заложения горных выработок). Первый этап работ завершается составлением одной или нескольких прогнозных карт изменения инженерно-геологических и гидрогеологических условий в зоне воздействия горнодобывающих предприятий. Второй этап включает разработку на основе прогнозных карт конкретных рекомендаций для снижения отрицательного воздействия на среду горнодобывающих предприятий или промышленных комплексов.

## **5. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ РАЗВЕДКИ И ДОБЫЧИ НЕФТИ, ГАЗА И ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

### **5.1. Влияние сейсморазведочных работ на подземные воды**

Сейсморазведочные буровые работы осуществляются на территориях, перспективных на нефть и газ. При сейсмических взрывах в ряде случаев отмечалось разрушение водоупоров и исчезновение водоносных горизонтов. Более глубокое влияние взрывных работ сопровождается подтоком минерализованных вод в зону пресных вод. Лаборатория гидрогеологии Пермского университета совместно с трестом Пермнефтегеофизика в течение ряда лет ведет исследования, в результате которых установлены величины радиусов влияния взрывов на подземные воды при разных способах обработки сейсмических профилей (Шимановский и др., 1981). Построены карты районирования значительной части Пермской области по условиям ведения сейсморазведочных работ, обеспечивающих сохранность пресных подземных и поверхностных вод, выявлены районы, где взрывные скважинные методы противопоказаны (Шимановский и др., 1989).

### **5.2. Загрязнение пресных подземных вод и рек в связи с бурением скважин**

В структурном бурении при отсутствии водоохраных мероприятий скважины способствуют восходящим перетокам минерализованных вод в пресные водоносные горизонты. Это ведет к истощению запасов пресных вод. Как отмечают Л. А. Шимановский и Ю. П. Баранов (1988), в Предуральском прогибе в связи с его нефтегазоносной перспективностью пробурено около двух тысяч структурных скважин. До середины 60-х годов проектами не предусматривалась установка в скважинах изоляционных мостов на границе пресных и минерализованных вод. Это явилось причиной межпластовых перетоков

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

и загрязнения пресных подземных и поверхностных вод. Обследование 982 скважин на 37 площадях структурного бурения показало, что в 819 случаях изоляционные мосты установлены неверно или отсутствуют. В результате в 289 скважинах и близлежащих родниках в долинах Чусовой, Косьювы, Яйвы, Барды и других рек установлена разгрузка минерализованных вод. На поверхность за период 1963-1982 гг. поступило порядка 800 млн. куб. м минерализованных вод. В карстовых областях этот процесс сопровождается активизацией процессов растворения пород.

Л. А. Шимановский и Г. А. Сычкина на примере Косьювинско-Чусовского карстового района убедительно показали влияние самоизливающихся высокодебитных структурных скважин на состав рек Талой, Ястребовки, Северного Кухтыма, Ошвы. Группа скважин с суммарным дебитом 123,5 л/с разгружает сульфатные воды и повышает минерализацию р. Ключанки вдвое.

Скважины, вскрывающие напорные минерализованные воды, нарушают естественные гидродинамические и гидрохимические условия (Баранов, 1989). Объединение Пермнефть с 1986 г. приступило к созданию сети наблюдательных гидрогеологических полигонов с целью изучения закономерностей формирования химического состава подземных вод в естественных и техногенных условиях. В 1986-1988 гг. создано семь таких полигонов. Объектом наблюдения является зона пресных вод. На Касибском полигоне за этот период установлены гидрохимические аномалии в районе дд. Левине и Березовка. Ухудшение гидрохимической обстановки в районе водозаборных скважин вероятно связано с нарушением водоупоров структурными скважинами и разгрузкой напорных глубинных вод хлоридно-натриевого состава в верхние пресные водоносные горизонты. Сложные структурно-тектонические условия рассмотренных участков, наличие на небольшой глубине рассолов с минерализацией до 300 г/л (Березовская площадь), высокие значения гидростатических напоров, самоизливы вод ниже-пермско-каменноугольного комплекса способствуют восходящей миграции глубинных минерализованных вод в зону пресных вод, особенно в местах повышенной проницаемости пермских отложений, а также по стволам некачественно ликвидированных скважин. Планируется расширение системы гидрохимического мониторинга с целью охвата всех разбуриваемых районов Пермского Прикамья. Разработан комплекс мероприятий по предотвращению перетоков, самоизлива на поверхность и активизации процессов растворения пород в скважинах.

### **5.3. Изменение геологической среды в связи с добычей минеральных лечебных и промышленных вод**

В разрезе осадочных пород западной части Пермской области, входящей в состав Волго-Камского артезианского бассейна, А. В. Шурубор и И. Н. Шестов выделяют четыре зоны. Самая верхняя часть включает пресные воды. Глубже в пермских отложениях распространены минеральные воды с минерализацией 2 - 200 г/л, в том числе сульфидные, которые применяются в лечебных целях. На глубинах более 1000 м развита зона йодобромных рассолов, которые используются как в качестве сырья для получения йода и брома, так и в бальнеологических целях (Проблемы..., 1988).

В Предуралье йод и бром добываются из подземных вод с 1942 г. Промышленный водозабор эксплуатируется путем сработки естественных упругих режимов со сбросом отработанной рапы в поверхностные водотоки, что оказывает отрицательное влияние на экологическое состояние среды (Шестов и др., 1989). Наиболее рациональным является эксплуатация вод с возвратом отработанных рассолов в поглощающие горизонты. Экспериментальные работы показали перспективность данного метода. Закачки неочищаемых промышленных стоков производятся в регионально выдержанные, надежно изолированные, закарстованные горизонты и комплексы карбона и девона (Булдаков, Гушин, 1986). При опытных закачках в районе г. Краснокамска франско-фаменский карбонатный водоносный комплекс в течение четырех суток поглощал до 200 куб. м/ч отработанных

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

рассолов с минерализацией около 250 г/л и рН 8,0. Как указывают Б.А.Булдаков и Г.Г.Татаринова, выбор оптимального варианта размещения полигонов захоронения промышленных стоков, определения необходимого количества нагнетательных скважин и их приемистости производится с использованием специальных программ ЭВМ.

#### **5.4. Изменение геологической среды в районах добычи нефти и газа**

Месторождения нефти в отложениях перми, карбона, девона являются составной частью Волго-Уральской нефтяной области. Первое месторождение нефти открыто в 1929 г. в Верхне-Чусовских городках. Начиная с 1934 г. разведка и добыча нефти получают большие масштабы. Пробурены десятки тысяч скважин. С 1934 по 1938 гг. открыты Краснокамское, Северокамское и Полазненское месторождения, позже Лобановское и Яринское, целый ряд месторождений на юге области - в Чернушинском, Куединском, Фокинском районах. В 1989 г. в области разрабатывались 53 месторождения нефти и газа.

В СССР свыше 50% нефти добывают, используя вторичные методы воздействия на пласт и призабойную зону с целью повышения нефтеотдачи. Большая часть месторождений разрабатывается с применением законтурного и внутриконтурного обводнения. За 1971-1975 гг. закачано в пласты свыше 3,5 млрд. куб. м воды.

Основными мероприятиями при добыче газообразных и жидких полезных ископаемых на суше являются: 1) бурение скважин; 2) улавливание поступающих через них флюидов; 3) различные приемы активизации процессов их поступления на поверхность.

Ф. В. Котлов (1978) приводит сведения о следующих техногенных процессах, связанных с добычей нефти и газа: 1) падение внутрипластовых напоров, изменение напряженного состояния пород; 2) изменение гидрогеологических условий: замещение извлекаемой нефти водой, усиление водообмена, образование новых водоносных горизонтов, смешение вод; изменение уровней, уклона, скорости движения, химического, газового состава и температуры подземных вод; 3) вторичное изменение режима подземных вод, а также фильтрационные деформации пород вплоть до гидравлического разрыва водоупорных слоев в связи с законтурным и внутриконтурным заводнением; 4) суффозия и связанные с ней просадки; 5) выбросы газа, воды, твердых частиц в воздух; 6) дегазация пород; 7) поступление в атмосферу попутных газов; 8) нефтяные пожары.

Особо отмечаются оседания земной поверхности в районах нефте- и газодобычи. В условиях неглубокого залегания уровня грунтовых вод (0,5-2 м) локальное понижение земной поверхности вызывает повышение уровня воды и увеличение заболоченности.

Из других процессов техногенной природы необходимо отметить возможность активизации слабых землетрясений, спровоцированных длительной добычей жидких полезных ископаемых и закачкой вод. Например, в Татарии установлена зависимость между интенсивной разработкой нефтяных месторождений и активизацией слабых землетрясений (Комсомольская правда, 12.05.1989).

Г. И. Волобуев (1986) обращает внимание на два вида техногенных изменений окружающей среды в районах нефтегазодобычи:

подземный и наземный. На нефтяных месторождениях Пермской области к наземным изменениям геологической среды относятся перепланировка рельефа, вырубка леса, нарушение почвенного и растительного покрова, разрыхление и уплотнение грунта, изменение условий поверхностного стока и инфильтрации в связи со строительством буровых площадок, прокладкой коммуникаций (трубопроводов, нефте- и газопроводов, дорог), сооружением отстойных котлованов для буровых растворов и промстоков. Фильтрация и неконтролируемый сброс отработанных буровых растворов из котлованов за пределы кустовых площадок сопровождается химическим загрязнением почвы и приповерхностной гидросферы, гибелью растительности, появлению вблизи буровых площадок "рыжего" леса.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

Техногенная нагрузка на геологическую среду нефтепромыслов приводит к глубокому преобразованию подземной гидросферы, активизации восходящих перетоков глубинных флюидов (Коста-рев, Михайлов, 1989), Высокоминерализованные рассолы, нефть, сероводород являются опасными загрязнителями пресных поверхностных и подземных вод. Загрязняющие вещества поступают через дефекты глубоких скважин, из мест прорыва высоконапорных нефтерассолопроводов. Источниками загрязнения являются также технологические установки сбора и подготовки нефти. Сложный характер загрязнения проявляется при расположении нефтяных месторождений в прибрежной зоне крупных водохранилищ.

Работы, проводимые институтом ПермНИПИнефть, позволили Г. К. Михайлову и С.М. Костареву (1986) типизировать геолого-гидрогеологические условия загрязнения геологической среды в нефтеносных районах Пермского Прикамья. Составлена схема типологического районирования на базе серии поэлементных карт. В зависимости от состава и мощности иренского регионального флюидоупора обособлен ряд провинций, в которых выделяются области распространения карстовых, порово-трещинных и гранулярных геофильтрационных сред в пермских и четвертичных отложениях. Районы внутри областей имеют близкие условия естественной защищенности подземных вод. В пределах районов отмечены нефтепромысловые территории с различной неотектонической активностью, определяющей современную гидрогеологическую обстановку. По геоморфологическому признаку обособляются участки с различными показателями миграции загрязняющих веществ.

К особым типологическим категориям относятся зоны подпора подземных вод в районах водохранилищ и линейные зоны магистральных нефтегазопроводов. Г. К. Михайловым (1986) предложена гидрогеологическая классификация источников загрязнения пресных подземных вод на нефтепромыслах.

В результате разработки нефтяных месторождений и эксплуатации водозаборов наиболее существенным изменениям подвергается гидродинамическая обстановка. В процессе эксплуатации пластовых водонапорных систем формируются пьезометрические аномалии как положительные (купола репрессии), так и отрицательные (воронки депрессии), размеры которых достигают 10-30 км по пласту, а на длительно разрабатываемых месторождениях до 100 км (Бачурин, Шишкин и др., 1989).

Депрессии, возникающие в процессе разработки нефтяных залежей с поддержанием пластового давления путем заводнения, приводят к вертикальным перетокам флюидов и загрязнению пресных вод верхних горизонтов. Перетоки осуществляются как за счет негерметичности эксплуатационных и ликвидированных скважин, так и по трещинам, раскрывающимся вследствие повышений пластового давления в продуктивных пластах.

Как показали исследования нефтяного загрязнения Камского водохранилища в районе Полазненского месторождения, нефть мигрирует по зоне трещиноватости из верейской залежи, длительно разрабатываемой с поддержанием высокого пластового давления. Аналогичную природу имеют многие из нефтезагрязнений и засолений почв, грунтовых и поверхностных вод в южных районах Пермской области.

Ряд исследователей (Лысенин и др., 1988) указывают на активизацию глубинного карстообразования при разведке и разработке газовых и нефтяных месторождений. С целью интенсификации притока пластовых флюидов проводится соляно-кислотная обработка скважин. При взаимодействии с соляной кислотой породы, особенно карбонатные, активно растворяются. Выщелачивание сосредотачивается в узких проницаемых зонах, создавая дополнительные пути фильтрации. Это может провоцировать внедрение в продуктивную толщу высоконапорных подошвенных, краевых, законтурных вод и преждевременное обводнение залежи.

Б. А. Бачурин и др. (1989) предлагают следующие методы контроля и долгосрочного прогнозирования техногенных изменений геогидродинамической системы: 1) создание местной и региональной сети режимных наблюдательных скважин; 2) выявление источников

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

загрязнения, районирование территории по характеру и степени воздействия техногенных факторов; 3) создание автоматизированной системы сбора, хранения и машинной обработки информации по основным параметрам геогидродинамической системы; 4) создание наблюдательных полигонов с целью оценки характера процессов фильтрации флюидов при существующих методах разработки месторождений.

#### 5.5. Дегазация недр посредством скважин и загрязнение атмосферы

Подземные воды осадочных пород содержат огромные запасы водорастворенных газов. По данным А. В. Шурубора и И. Н. Ше-стова (Новые прогрессивные..., 1989), газонасыщенность вод водо-нефтегазоносных комплексов Предуралья изменяется с востока на запад от 1000 до 150 куб. см/л. В этом же направлении состав газов преобразуется от метанового через метаново-азотный и азот-но-метановый до азотного. Наиболее газонасыщенные воды тяготеют к Предуральскому прогибу. Здесь же преобладают метановые и метаново-азотные газы, что связано с высокой степенью метаморфизации рассеянного органического вещества осадочных пород. При добыче йодо-бромных рассолов в Пермской области десятки тысяч кубометров водорастворенных газов ежегодно выбрасываются в атмосферу.

Бурение поисковых и разведочных скважин ведет к разгазированию подземных вод. В герметически закрытых скважинах, вскрывших водонасыщенную часть пласта, скапливаются значительные объемы свободных газов. Стволы скважин оказываются заполненными до забоя газом. На Павловском месторождении нефти на устье скважины, переливающей минеральной водой, после года нахождения ее в закрытом состоянии давление достигло 50-60 МПа. При вскрытии скважины в первое время выделялся свободный метаново-азотный газ, а затем фонтанировала сильно газированная минеральная вода. Указанные исследователи рекомендуют использовать газы для теплофикации и других целей.

## 6. ДРУГИЕ ВИДЫ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

### 6.1. Урбано-промышленные мероприятия

Города являются самыми крупными техногенными концентраторами вещества, энергии и одновременно самыми мощными источниками их выброса и рассеивания (Горшков, 1982).

Характер техногенных воздействий городов на геологическую среду определяют мероприятия: 1) строительно-ремонтные; 2) транспортные; 3) промышленное производство; 4) коммунально-бытовые; 5) выработка тепловой и электрической энергии. Они сопровождаются загрязнением атмосферы, изменением гидросферы (загрязнение поверхностных и подземных вод, подтопление и другие процессы), земной коры (накопление культурного слоя, уплотнение пород, оседание земной поверхности), активизацией некоторых экзогенных процессов. Проблеме современных городов и их воздействию на окружающую среду посвящены многочисленные работы (Котлов и др., 1967; Молоков, 1985; Современные проблемы..., 1987; Рациональное использование..., 1989; Гидрогеологические и инженерно-геологические..., 1989). Формирование агрессивных к строительным конструкциям сред на территории г. Перми и одного из крупных химпредприятий отражено в работе В. П. Костарева и др. (1980).

На территории Березниковско-Соликамского промышленного комплекса важнейшей проблемой является защита окружающей среды от загрязнения ее отходами калийного и нефтеперерабатывающего производства. Она решается путем захоронения промстоков в глубокие поглощающие горизонты карбонатных верхнедевонско-турнейских пород (Зуева, 1986).

## **6.2. Коммуникационно-транспортные мероприятия**

К ним относятся сооружение и эксплуатация: 1) автодорог; 2) железных дорог; 3) магистральных нефтегазопроводов; 4) линий электропередач; 5) -аэродромов. Значительные изменения вносятся в период строительства линейных сооружений (вырубка леса, нарушение почвенного покрова, разрыхление грунта и изменение его фильтрационных свойств, загрязнение грунта при работе техники и т. д.). В период эксплуатации наблюдается загрязнение вблизи дорог атмосферы, поверхности и грунта пылью, угарным газом, нефтепродуктами, окислами азота и серы, тяжелыми металлами (свинцом). Отмечается активизация некоторых экзогенных процессов - карста, суффозии, оползней'. В зонах нефте- и газопроводов происходят аварийные загрязнения нефтью больших площадей, а при утечке газа - взрывы.

## **6.3. Электроэнергетические производства**

На территории Пермской области к ним относятся Камская и Воткинская ГЭС, Добрянская ГЭС. Строительство в 1954 г. на р. Каме плотины и заполнение водохранилища привело в результате переработки берегов к уничтожению лесных массивов, исчезновению из сельскохозяйственного оборота плодородных пойменных земель, в некоторых случаях переносу населенных пунктов. Со времени заполнения Камского водохранилища площади потерянных от берегообрушения земель составляют порядка 2,5 тыс. га, а для Воткинского - около 1,5 тыс. га (Печеркин И., Михалев, 1986). Изменился режим подземных и поверхностных вод в зоне влияния водохранилищ, активизировались многие экзогенные процессы.

Тепловые электростанции, вырабатывающие 84% электроэнергии, являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. По данным Ю. А. Израэля, общий выброс двуокиси серы составляет 20 млн. т в год и более. В ближайшее время ежегодный выход золошлаковых материалов превысит 100 млн. т. Химическими и "тепловыми" загрязнителями являются технологические воды. Л. А. Ярг и В. М. Кувшинников (1989) показали масштабы и типы загрязнения на примере двух ГЭС и наметили пути литомониторинга.

Из других видов деятельности человека, оказывающих существенное влияние на геологическую среду, необходимо отметить мероприятия: сельскохозяйственные (мелиорация, обработка почв и посевов, использование удобрений и пестицидов, полив земель, вынос почв с урожаем, выпас скота), водохозяйственные (осушение заболоченных земель, понижение уровня подземных вод в карьерах, создание искусственных водоемов и др.), лесохозяйственные (рубка, транспортировка, сплав леса), рекреационные (расчистка и использование площадок для отдыха, спорта, разведение костров, заезд на транспорте и другие), военные (сооружения объектов, испытания разных видов оружия, движение военной техники и др.).

## **7. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИИ**

### **7.1. Состояние вопроса оценки и типизации техногенных изменений геологической среды**

Д. Г. Зилинг (Методика..., 1988), обобщив опубликованные данные, выделяет три группы вопросов, связанных с решением данной проблемы, из них первые две наиболее изучены.

1. Разработка и использование методов выявления антропогенных (техногенных) изменений геологической среды.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

2. Разработка содержания и подходов к составлению аналитических и синтетических карт нарушений элементов геологической среды.

3. Оценка изменений геологической среды и их классификации. Для Пермской области использовались методы оценки загрязнения водной и воздушной среды в районах химических, горнорудных предприятий, поверхностных и подземных вод в районах нефтедобычи и др. Для отдельных районов составлены аналитические карты изменения геологической среды (состава подземных вод зоны активного водообмена района Березников, отдельных нефтепромыслов).

При комплексной оценке изменений всех компонентов сложной природно-техногенной системы выявилось отсутствие четкой понятийной базы (Трофимов, 1985). Комплексная оценка техногенных изменений геологической среды до разработки методов математического моделирования дается методом аналогий. Задача должна решаться на базе типологического инженерно-геологического районирования территории, учета техногенных источников изменения геологической среды и степени их воздействия.

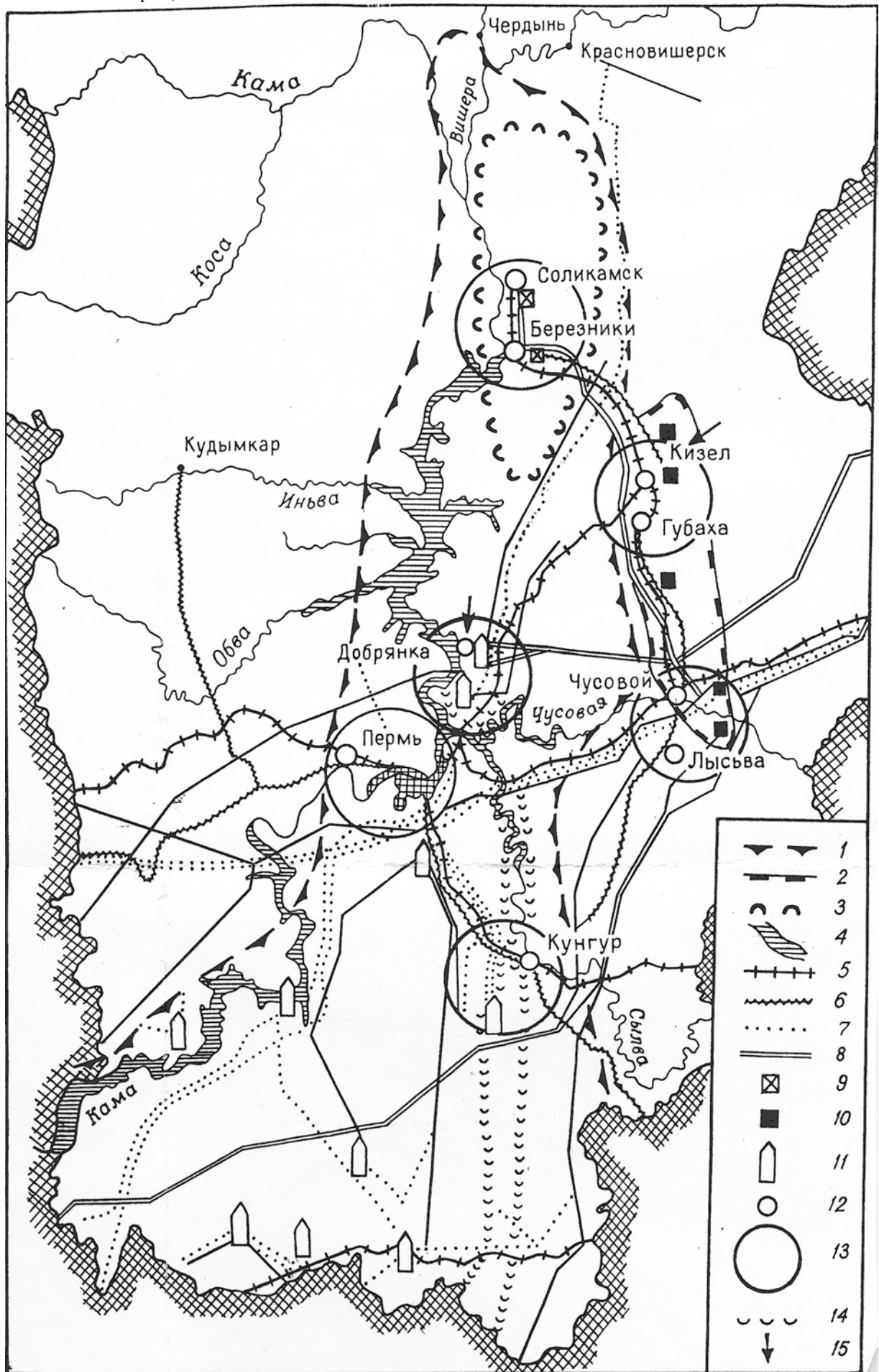
## **7.2. Схема техногенной нагрузки на геологическую среду Пермской области**

Распределение на территории Пермской области техногенных источников изменения геологической среды предопределяется ее геологическим строением, в частности наличием полезных ископаемых (каменного угля, нефти и газа, калийных солей, строительных материалов, минеральных вод), водными и лесными ресурсами, географическим положением на границе западных и восточных районов нашей страны, историей ее освоения и экономического развития. Площади интенсивного техногенного воздействия на геологическую среду, обусловленные добычей, транспортировкой и промышленной переработкой полезных ископаемых, находятся на территории Кизеловского каменноугольного бассейна, Верхнекамского соленосного бассейна, Волго-Уральской нефтеносной области.

Наличие водных и лесных ресурсов обусловило развитие лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, гидроэнергетики (Камская ГЭС) и водного транспорта. На территории области находятся два крупных водохранилища. Ее пересекают важные железнодорожные и автомобильные магистрали, нефте- и газопроводы. Все эти условия предопределили формирование крупных промышленных центров с техногенно деформированной геологической средой (города Пермь, Чусовой, Березники, Соликамск, Кизел, Губаха, Кунгур).

Деформация геологической среды вызывается различными видами техногенной деятельности (добычей полезных ископаемых и подземных вод, урбано-промышленными, электроэнергетическими, водохозяйственными, лесохозяйственными, сельскохозяйственными, коммуникационно-транспортными, военными и другими мероприятиями). Каждый вид техногенного воздействия и его последствия могут быть отражены на специальных картах, но в то же время необходима региональная оценка пораженности территории техногенными процессами по комплексу признаков. На предварительной схеме основных видов техногенных воздействий на геологическую среду Пермской области (см. рис.) показаны различные объекты и сферы их воздействия на окружающую среду.





Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

Площади распространения: 1 - нефтяных, газонефтяных месторождений и нефтепромыслов; 2 - угленосных отложений и влияния угледобывающей промышленности и связанных с ней производств; 3 - соленосных отложений и влияния соледобычи и связанных с ней производств; 4 - водохранилищ и зон их влияния.

Линейные инженерные объекты: 5 - железнодорожные магистрали; 6-автомобильные магистрали; 7-нефтепроводы; 8-газопроводы,

Районы добычи твердых и жидких полезных ископаемых: 9 - калийных солей; 10 - каменного угля; 11 - нефти.

Крупные промышленные центры: 12 - крупные промышленные города; 13 - экологически опасные узлы (места концентрации населения, размещения химических и нефтеперерабатывающих производств, сближения или пересечения нефтегазопроводов с железными и автомобильными дорогами, реками, где могут возникать аварийные ситуации).

Районы распространения или воздействия некоторых негативных геологических процессов: 14 - гипсо-ангидритового карста; 15 - вероятных 5-6-балльных землетрясений (тектонических или наведенных) .

Под влиянием техногенных факторов активизируются экзогенные геологические процессы (Назаров, 1986). Отмечены случаи усиления сейсмичности. Оползни, карстовые провалы, суффозионные просадки могут еще более обострить экологическую ситуацию. Например, газопровод Сибирь-Центр-Запад на междуречье Ирени и Кунгура пересекают сильно закарстованную зону в гипсах иренского горизонта кунгурского яруса (Костарев, Димухаметов и др., 1986). Для обеспечения безопасности газопроводов были рекомендованы противокарстовые мероприятия (заполнение карстовых впадин недреннующим грунтом, организация поверхностного стока, исключение взрывных работ и др.). Их невыполнение привело к активизации суффозионно-карстового процесса, что потребовало принятия новых технических решений.

В настоящее время в различных организациях накопилось достаточно много материала о воздействии различных объектов на геологическую среду. Оценка и прогноз изменения геологической среды Пермской области с целью разработки мероприятий по ее защите и оздоровлению потребуют объединения усилий специалистов различных научных и производственных организаций.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Функционирование на территории Пермской области различных отраслей народного хозяйства сопровождается изменением геологической среды, загрязнением ее компонентов, развитием неблагоприятных, опасных для сооружений техногенных и природно-техногенных процессов и явлений. Это ухудшает экологическую обстановку, создает при слабом технологическом надзоре условия для возникновения аварийных ситуаций. Первоочередной задачей в решении актуальных экологических проблем является составление карт изменения геологической среды как под влиянием отдельных видов инженерно-геологической деятельности, так и в дальнейшем на их основе карты ее техногенной пораженности по комплексу показателей. Эти карты позволят разработать схему районирования, дать оценку экологического состояния отдельных территорий и прогноза изменений состояния геологической среды что должно учитываться при хозяйственном планировании и размещении промышленных или других объектов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

Айруни А. А. Охрана окружающей среды при подземной добыче угля. Обзор. М, ЦНИЭПуголь, 1979.

Андрейчук В. Н. К вопросу о карсте соляных отвалов//Карст Алтае-Саянской области и сопредельных стран/Тез, докл. Горно-Алтайск, 1989.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. - Пермь, 1990. -44с.

Андрейчук В. Н., Лукин В. С. Большой Березниковский провал // Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Андрейчук В. Н., Лукин В. С., Яцына И. И. Пещера в соляных отвалах // Новые прогрессивные способы комплексного изучения недр Урала - путь ускоренного развития народного хозяйства региона/Тез, докл. Пермь, 1989.

Баньковская В. М., К вопросу об оценке изменения режима грунтовых вод в зонах подземных угольных разработок//Охрана окружающей природной среды/Научн. труды ВНИИОСуголь. 1980. Вып. 26.

Баньковская В. М. Влияние карстовых массивов на снижение загрязненности шахтных вод (на примере Кизеловского угольного бассейна) // Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Баньковская В. М., Волков А. А. Изучение углевмещающих пород для определения направлений их промышленного использования//Использование отходов производства угольной промышленности // Сб. научн. тр. ВНИИОСуголь. Пермь, 1987.

Баньковская В. М., Максимович Н. Г. Охрана рек Камского бассейна от загрязнения сточными водами предприятий угольной промышленности//Охрана от загрязнения сточными водами бассейнов внутренних морей / Тез. докл. Всес. науч. конф. Тбилиси, 1987.

Баньковская В. М., Сухоплюева Т. М. Влияние породных отвалов угольных шахт на загрязненность подземных вод//Повышение эффективности природоохранных работ в угольной промышленности / Материалы н.-т. конф. Пермь, ВНИИОСуголь, 1987.

Баранов Ю. П. К вопросу о рациональном использовании и охране природных ресурсов при поисково-разведочных работах на нефть // Проблемы изучения техногенного карста / Тез. докл. Кунгур, 1988.

Баранов Ю. П. Опыт создания системы гидрохимического мониторинга в разбуриваемых районах Пермского Прикамья //Охрана подземных вод Урала/Тез. докл. Свердловск, УрО АН СССР, 1989.

Батракова Т. И., Фомичева Т. А. Качественный состав поверхностного стока с территории угольного предприятия // Охрана окружающей природной среды // Науч. тр. ВНИИОСуголь, 1980. Вып. 26.

Бачурин Б. А., Шишкин М. А., Оборин А. А., Одинцова Т. А. Некоторые аспекты техногенного изменения природных гидродинамических систем Пермского Предуралья // Охрана подземных вод Урала / Тез. докл. Свердловск, УрО АН СССР, 1989.

Белоглазов С. М., Костарев В. П. К изучению техногенных грунтов Соликамско-Березниковского района // Новые прогрессивные способы комплексного изучения недр Урала - путь ускоренного развития народного хозяйства региона/ Тез. докл. Пермь, 1989.

Бельтюков Г. В. Современный карст Верхнекамского соленосного бассейна // Гидрогеология к карстование. Пермь, 1975. Вып. 6.

Бельтюков Г. В. Техногенный карст в условиях Верхнекамского соленосного бассейна//Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Бельтюков Г. В. Формирование химического состава подземных вод на территории крупных промышленных центров // Гидрогеол. формирование хим. состава вод. Новочеркасск, 1989.

Бельтюков Г. В., Голубев Б. М. Антропогенный карст Верхнекамского месторождения калийных солей/Гидрогеология и карстование. Пермь, 1966. Вып. 3.

Бельтюков Г. В., Семенов Н. И. О возможном развитии карстовых процессов под влиянием древних рассолоподъемных скважин / Вопросы карстования Пермь, 1970. Вып. 2.

Булдаков Б. А., Гущин А. В. Некоторые результаты опытных работ по закачке жидкости в закарстованные поглощающие горизонты// Геол. среда и рац. исполъз. минер. ресурсов Пермской области/Тез, докл. Пермь, 1986.

Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. М., 1977.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

Волобуев Г. И. Прогнозирование гидрогеологических обстановок в нефтегазодобывающих районах. М., Недра, 1986.

Вторжение в природную среду. // Оценка воздействия (основные положения и методы) / Под ред. Р. Н. Мунна. М., 1983.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории городов. М" Наука, 1989.

Голодковская Г. А., Демидюк Л. М. Некоторые методологические вопросы оценки техногенных изменений геологической среды // Комплексная оценка и прогноз техногенных изменений геологической среды. М., 1985.

Голодковская Г. А., Матула М. и др. Инженерно-геологические проблемы прогнозирования изменения геологической среды // Вестн. Моск. ун-та. Серия 4, Геолог., 1985. № 6.

Горбунова К. А., Дюпина Т. В. Основные источники загрязнения подземных вод//Вопросы загрязнения подземных вод и борьба с ними (общие вопросы) /Тез. докл. Пермь, 1971.

Горшков В. А. Основные направления работ по повышению эффективности природоохранных мероприятий в угольной промышленности//Повышение эффективности природоохранных работ в угольной промышленности/Материалы н.-т. конф. Пермь, ВНИИОСуголь, 1987.

Горшков С. П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. М., Недра. 1982,

Данилов Ю. А., Дмитриев В. П., Кравцов А. В., Щицин А. Г., Николаева С. С. Использование горелых пород в производстве строительных материалов и изделий на их основе // Использование отходов производства угольной промышленности / Сб. науч. тр. ВНИИОСуголь. Пермь, 1987.

Защита окружающей среды при горных разработках рудных месторождений (под ред. В.Т.Трофимова) // Современные проблемы биосферы. М., Наука, 1985.

Зилинг Д. Г. Верхнекамский промышленный комплекс и геологическая среда //Инженерная геология. 1983. № 1.

Зуева А. С. Рациональное использование недр центральной части Соликамской впадины//Геологическая среда и рациональное использование минеральных ресурсов Пермской области/Тез, докл. Пермь, 1986.

Зуев И. А., Бакина С. А. Состав поверхностного стока с территории шахт Кизеловского угольного бассейна // Охрана окружающей природной среды / Науч. тр. ВНИИОСуголь, 1980. Вып. 26.

Клер В. Р., Волкова Е. М" Гурвич Е. М. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР//Геохимия элементов. М., Наука, 1987.

Комплексная оценка и прогноз техногенных изменений геологической среды (В. Т. Трофимов). М., 1985.

Костарев В. П., Димухаметов М. Ш. и др. Активизация карстопроявлений при строительстве магистральных газопроводов (МГП) // Геол. среда и рац. исползов. минер. ресурсов Пермской области/Тез, докл. Пермь, 1986.

Костарев В. П., Димухаметов М. Ш., Шорина Г. Я. К изучению инженерно-гидрогеохимических условий застроенных территорий Прикамья // Инженерная геология Западного Урала/Тез, докл. н.-т. совещания. Пермь, 1980.

Костарев С. М., Михайлов Г. К. Проблемы охраны пресных подземных вод В районах нефтедобычи // Охрана подземных вод Урала / Тез. докл. Свердловск, УрО АН СССР, 1989.

Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М., Недра, 1978.

Котлов Ф. В., Брашнина И. А., Сипягин И. К. Город и геологические процессы. М., Наука. 1967.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

Лысенин Г. П., Леухина О. И., Карпюк Е. Ф. Техногенное карстообразование при разведке и разработке газовых и нефтяных месторождений // Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Максимович Г. А. Землетрясения в Прикамье//География Пермской области. Пермь, 1964, Вып. 2.

Максимович Г. А. Гидрогеохимические и гидродинамические условия формирования некондиционных подземных вод и основные типы антропогенного загрязнения подземной гидросферы платформенных равнин // Вопросы загрязнения подземных вод и борьба с ним (общие вопросы) /Тез. докл. Пермь, 1971.

Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. Пермь, 1958.

Масалкина С. А., Зеленин В. М. Влияние сернистых углеотходов на химический состав и качество урожая сельскохозяйственных культур // Использование отходов производства угольной промышленности / Сб. науч. тр. ВНИИОСуголь. Пермь, 1987.

Махорин А. А. Особенности развития геологических процессов под влиянием техногенных факторов // Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы. М" Недра, 1985.

Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР // Геохимия элементов. М., Наука, 1987.

Методика разработки поисковых прогнозов изменения геологической среды. М., Изд-во МГУ, 1988.

Минералогия техногенеза и минерально-сырьевые комплексы Урала // Сб. науч. тр. УрО АН СССР. Свердловск, 1988.

Мироненко В. А., Румынии В. Г., Учаев В. К. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах (опыт гидрогеологических исследований). Л., 1980.

Мионов К. В. Справочник геолога-угольщика. М., Недра, 1982.

Мионов К. В., Поляков В. Ф. Кизеловский угольный бассейн // Горная энциклопедия. М., 1987.

Михайлов Г. К. Гидрогеологическая классификация источников загрязнения пресных подземных вод на нефтепромыслах // Геологическая среда и рац. использ. минер. ресурсов Пермской области/Тез, докл. Пермь, 1986.

Михайлов Г.К.Костарев С. М. Типизация геолого-гидрогеологических условий загрязнения геологической среды в нефтеносных районах Пермского Прикамья // Геол. среда и рац. использ. минер. ресурсов Пермской области/Тез, докл. Пермь, 1986.

Молоков Л. А. Инженерно-геологические процессу. М., Недра, 1985,

Мосинец В. Н., Грязнов М. В. Горные работы и окружающая среда. М., 1978,

Назаров Н. Н. Карта пораженности территории Пермской области экзогенными геологическими процессами // Геол. среда и рац. использ. минер. ресурсов Пермской области /Тез, докл. Пермь, 1986.

Новые прогрессивные способы комплексного изучения недр Урала - путь ускоренного развития народного хозяйства региона//Тез. докл. н.-т. совещания. Пермь, 1989.

Охрана окружающей среды. М., 1985.

Пахомов В. И., Пахомов И, В. Визейская угленосная формация западного склона Урала и Приуралья. М., Недра, 1980.

Петухов И. А. Основные направления исследования горных пород, охраны сооружений и природных объектов при подработке УГОЛЬНЫХ месторождений // Тр ВНИИМИ. Л., 5976Печеркин И. А., Михалев В. В. К вопросу охраны побережий Камских водохранилищ./Геол. среда и рац. использов. минер, ресурсов Пермской област" / Тез. докл. Пермь, 1986.

Печеркина Л. В. и др. Изменение химического состава шахтных вод шахты "Скальная" при движении через закарстованный массив//Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Горбунова К.А., Максимович Н.Г., Андрейчук В.Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области.- Пермь, 1990.-44с.

Плотников Н. И., Краевский С. Гидрогеологические аспекты охраны окружающей среды. М., 1983.

Престон А., Порт Дж. Комплексный глобальный мониторинг окружающей среды: политика и принципы // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей среды. Л., 1980.

Проблемы изучения техногенного карста/Тез, докл. Кунгур, 1988.

Рациональное использование и охрана окружающей среды городов. М., Наука, 1989.

Саранчук В. И. Анализ экологического состояния породотвального хозяйства угольных шахт и обогатительных фабрик // Повышение эффективности природоохранных работ в угольной промышленности / Материалы н.-т. конф. Пермь, ВНИИОСуголь, 1987.

Сергеев Е. М. Инженерная геология. М., Изд. МГУ, 1978.

Сергеев Е. М. Инженерная геология - наука о геологической среде // Инж. геология. 1979. № 1.

Сергеев Е. М. Проблемы инженерной геологии в связи с задачами рационального использования и охраны геологической среды // Проблемы рац. использования геол. среды. М., Наука, 1988.

Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии территории городов и городских агломераций. М., Наука, 1987.

Трофимов В. Т. Принципы и признаки инженерно-геологического районирования//Теоретические основы инженерной геологии. М., 1985.

Тютюнова Ф. И. Гидрогеохимия техногенеза. М., Наука, 1987.

Тютюнова Ф. И., Сафохина И. А., Швецов П. Ф. Техногенный регрессивный литогенез. М., Наука, 1988.

Чесноков Б. В., Баженова Л. Ф., Щербакова Е. П. и др. Новые минералы из горных отвалов Челябинского угольного бассейна // Минералогия техногенеза и минерально-сырьевые комплексы Урала / Сб. научн. тр. Свердловск, 1988.

Шадрин А. Г., Аникин Н. Ф. Основные результаты наблюдений за оседанием поверхности на Верхнекамском месторождении калийных солей, расчетные схемы для этих условий // Межвуз. темат. сб. научн. тр. / Разработка соляных месторождений. Пермь, 1974.

Шадрин А. Г., Селезнев Е. А., Фикс И. И. Прогноз сдвижения земной поверхности на шахтном поле БКК-3 // Межвуз. сб. научн. тр. / Разработка соляных месторождений. Пермь, 1978.

Шестов И.Н., Шиляев Ю.А., Шиляева З.А. Методика разведки и рационального использования промышленных вод Предуралья // Охрана подземных вод /Тез. докл. Свердловск, УрО АН СССР. 1989. Ч. 1.

Шестов И.Н., Шурубор А.В., Шиляева З.А. Основные факторы развития техногенного карста при разведке и эксплуатации нефтяных месторождений // Проблемы изучения техногенного карста /Тез, докл. Кунгур, 1988.

Шнмановский Л.А., Баранов Ю. П. О техногенном карсте в связи с бурением скважин в Предуральском прогибе//Проблемы изучения техногенного карста /Тез. докл. Кунгур, 1988.

Шимановский Л.А., Сычкина Г.А., Кунц Э. В. О влиянии сейсморазведочных работ на подземные воды в районе Усьвинского водозабора/Гидрогеология и карстоведение. Пермь, 1981.

Шимановский Л. А., Сычкина Г. А. и др. Районирование юга платформенной части Пермской области по условиям проведения сейсморазведочных работ, обеспечивающих сохранность водных ресурсов / Новые прогрессивные способы комплексного изучения недр Урала - путь ускоренного развития народного хозяйства региона//Тез. докл. н.-т. совещания. Пермь, 1989.

Ярг Л.А., Кувшинников В.М. Задачи и пути организации литомониторинга территорий ТЭС, сложенных карбонатными породами//Инженерная геология, 1989. № 5.