

**Н.К.Андросова**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ**

Обзорные лекции

Москва  
1999

В лекциях рассмотрены результаты взаимодействия геологической среды с биотой. Охарактеризованы способы защиты от загрязнения и нарушения природной среды и меры защиты от разрушений, связанных с проявлениями геологических процессов. Приведены виды прогноза и экогеомониторинга.

Для студентов геолого-экологических специальностей, а также для специалистов в области экологии и охраны окружающей среды.

Рецензент: Н.Н.Трофимов, профессор,  
зав. кафедрой «МПИ и их разведки» УДН.

Отв.редактор А.Г.Милютин, д.г.-м.н., профессор,  
зав. кафедрой «Охраны недр и рационального  
природопользования» МГОУ.

## **Введение.**

Геоэкология - наука о взаимодействии процессов, протекающих во внешних геосферах Земли и связанных со средой жизнедеятельности человека. Она включает в себя:

- изучение геологических процессов, нарушающих экологическую обстановку;
- охрану окружающей среды при проведении геологоразведочных работ разных стадий;
- геомониторинг в районах природного и техногенного загрязнения среды;
- геолого-экологическое картирование различного масштаба.

Экологическая геология как составная часть геоэкологии изучает состав и свойства геологической среды, геологические процессы, происходящие на поверхности и внутри Земли, и взаимодействие их с биотой и техногенными процессами; рассматривает влияние горно-геологического производства на биоту и окружающее пространство.

## **Земная кора и экология.**

С появлением атмосферы и гидросферы (около 4 млрд. лет назад) на Земле возникли предпосылки для формирования органической жизни. В процессе эволюции *атмосферы* – газовой оболочки Земли – менялся состав, происходило насыщение ее кислородом. Современная атмосфера на 99,6% состоит из азота, кислорода и аргона, остальные 0,4% приходятся, в основном, на водяной пар, углекислый газ, метан, закись и окись азота, озон, фреоны.

*Гидросфера* – водная оболочка Земли - включает воды океанов, морей, континентальных водоемов, ледяные покровы и занимает около 70,8% земной поверхности. 98,3% массы гидросферы приходится на Мировой океан (совокупность океанов и морей). В Мировом океане содержится более 70 химических элементов, но основную массу образуют всего лишь пять: кислород, водород, хлор, магний и натрий.

Вокруг Земли обширное пространство занимает магнитное поле, или *магнитосфера*, максимальная напряженность которого ~ 0,6-0,7 эрстед у магнитных полюсов и 0,25-0,45 эрстед на экваторе.

В составе Земли выделяют ядро (внутреннее и внешнее), мантию (нижнюю и верхнюю) и земную кору. Такое строение получено на основании геофизических исследований. Земля на 92% состоит из Fe, O, Si и Mg, более 7% приходится на S, Ni, Ca, Al и чуть больше 1% - на остальные элементы. Существует мнение, что ядро Земли состоит из железа (~90%), никеля и серы; возможно, присутствие небольшого количества кремния и кислорода. Внутреннее ядро – жесткое, внешнее – жидкое. Мантия нижняя и верхняя, отделенная от ядра границей Гутенберга, а от земной коры – границей Мохоровичича, имеет одинаковый химический состав (силикатно-окисный), но, вероятно, разную плотность.

Земная кора – самая тонкая оболочка Земли мощностью от 5 до 40 км. По А.А.Ярошевскому (1988г.) химический состав коры следующий: O (47,9), Si (29,5), Al (8,14), Fe (4,37), Ca (2,71), K (2,40), Na (2,01), Mg (1,79), Ti (0,52), C (0,27), H (0,16), Mn (0,12), S (0,10%).

Земная кора подразделяется на океаническую и континентальную. Океаническая кора представляет собой верхний дифференцированный слой мантии, перекрытый тонким слоем пелагических осадков. Талеитовые базальты предположительно подстилают габбро и серпентиниты. Базальты перекрыты тонким слоем металлоносных осадков с высокой концентрацией оксидов железа. Выше лежат карбонатные и кремнистые отложения, перекрытые в прибрежных участках терригенным материалом, а в глубоководных зонах – красными глинами. (О.Г.Сорохтин, С.А.Ушаков, 1991).

Континентальная кора состоит из нижнего, так называемого «базальтового» слоя, среднего и верхнего – «осадочного». Нижний представлен метаморфизованными магматическими породами среднего и основного состава (Тейлор, Мак Леннан, 1988). Средний слой – гранитно-метаморфическими породами докембрийского возраста. Верхний – терригенными и карбонатными отложениями, магматическими породами различного состава и осадочными толщами эвапоритов (галит, ангидрит, калийные и др. соли).

На глубине 75-150 км находится слой астеносферы, где дискретно происходит плавление вещества мантии. Земная кора и твердый слой мантии выше астеносферы называется *литосферой*. С ней связаны основные геологические процессы и явления, влияющие на экологию.

Живое вещество планеты, гидросфера, часть атмосферы и литосферы образуют сложную оболочку Земли – *биосферу*. Сферы Земли взаимопроникающи и взаимосвязаны. Литосфера состоит из минералов (химические элементы и их соединения) и горных пород (сочетания минералов), которые поставляют химические элементы для формирования почв, растительности, живых организмов. Растительность и живые организмы, в свою очередь, играют существенную роль в образовании биогенных минералов и горных пород. Под воздействием процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере, разрушаются и преобразуются минералы и горные породы.

По химическому составу минералы подразделяются на классы:

- класс самородных элементов и сульфидов (сера, графит, золото, платина, галенит, сфалерит, пирит);
- класс галоидных соединений (галит, сильвин, флюорит);
- класс оксидов и гидроксидов (кварц, халцедон, опал, гематит, магнетит, лимонит, боксит);
- класс карбонатов (кальцит, доломит, сидерит);
- класс сульфатов (ангидрит, гипс);
- класс фосфатов (апатит, фосфорит);
- класс силикатов (оливин, ортоклаз, гиперстен, роговая обманка, биотит, мусковит, тальк, нефелин).

По условиям образования горные породы подразделяются на магматические, осадочные и метаморфические. Магматические породы образуются в процессе застывания магматического расплава, осадочные – в результате выветривания более древних горных пород, а метаморфические – в результате влияния на породы высоких температур, давления и химически активных веществ.

В горные породы земной коры входят в основном легкие элементы. В.А. Алексеенко (1997г.) пишет, что процесс эволюционного развития живых организмов происходил в среде с резким преобладанием легких химических элементов над тяжелыми, откуда вытекает биологическая важность одних элементов и токсичность других. Для развития жизни необходимы Na, K, Mg, Ca, Fe, Zn и прочие, опасны для жизни – As, Rb, Ti, Pb, Hg, радиоактивные и другие элементы.

Распределение химических элементов связано с геологическим строением регионов. Так, для Урала

характерно повышенное среднее содержание магния, никеля, для Алтая – свинца, алюминия, для Каратау – свинца и цинка.

Высокая концентрация определенных химических элементов может оказывать существенное влияние на живое вещество. Концентрация элементов зависит от типов пород. Максимальная концентрация радиоактивных элементов тория и урана, калия, рубидия характерна для кислых магматических пород; бария и особо тяжелых Ge, La, Nd – для средних магматических пород. В глинах и глинистых сланцах увеличены концентрации Hg, S, Se, N, B. В глинистых осадках Океана увеличены концентрации тяжелых Pb, Tl, Ba, Hg, Hf и других.

Для конкретных участков биосферы элементы могут подразделяться на *дефицитные*, увеличение которых в организме способствует его развитию (Zn, Fe, Cu, J, Se, Co, Mn, Ni и др.) и *избыточные*, увеличение которых тормозит развитие организма, а иногда ведет к его гибели (Hg, Ba, As, Tl, Ni, Be, Cd, Pb и др.). В Восточном Забайкалье в долине реки Уров в почвах и водах резко повышены содержания Sr и Ba (избыточных) и понижены - Ca и J (дефицитных). Такое соотношение элементов привело к заболеванию животных и людей (уровская болезнь).

Для районов среднего и нижнего Амура дефицитными являются Zn, Cu, Ni, Co, V, избыточными – Zr, Sn, Pb, Mo, в почвах повышена концентрация ртути. В результате этого местное население наиболее подвержено заболеваниям анемией, дисфункцией периферической нервной системы, атеросклерозом, онкологическими и другими заболеваниями (Ф.С.Кот, 1996).

Породы на земной поверхности подвергаются выветриванию и происходит миграция и последующая концентрация их в корах выветривания, почвах, водах, атмосфере, организмах.

При добыче полезного ископаемого тоже происходит перераспределение вещества: концентрация одних элементов и рассеяние других. Токсичные Hg, Pb, As, Sr, F, радиоактивные элементы, а иногда и Zn, Be, Cd, могут быть канцерогенными. Накапливаясь в местах переработки руд и сброса промышленных отходов, они загрязняют среду, концентрируясь в почве, растениях, грунтовых водах, атмосфере в количествах, превышающих в десятки, сотни и тысячи раз предельно допустимые концентрации (ПДК).  
Эксплуатация Многовершинного золоторудного

месторождения загрязняет окружающую местность тяжелыми металлами: свинцом, медью, цинком, сурьмой, мышьяком, селеном, теллуром, кадмием, ртутью, хромом и другими (П.В. Иванов, 1996). Накапливаясь в организме, они могут вызвать токсикозы, нарушение функций органов и их систем, изменение наследственной основы (мутагенез), злокачественные опухоли. В результате биомониторинга в зоне влияния комбината «Печенганикель» обнаружено накопление тяжелых металлов хрома, никеля, меди, цинка и кадмия в растениях и в органах и тканях животных, обитающих в радиусе до 15 км от источника загрязнения (М.В. Глазов, 1997).

### **Разрушительная деятельность эндогенных геологических процессов.**

Эндогенные процессы связаны с тепловым режимом Земли, который зависит от гравитационной дифференциации земного вещества на плотное ядро и остаточную силикатную мантию, распада радиоактивных элементов и приливной энергии. Энергия солнечного излучения в основном обуславливает экзогенные процессы. (О.Г.Сорохтин, С.А.Ушаков, 1991).

Из эндогенных процессов наиболее разрушительными являются вулканизм и землетрясения.

#### ***Вулканизм.***

Под вулканизмом понимается совокупность процессов и явлений, связанных с перемещением магмы из глубинных частей земной коры на поверхность. Магма представляет собой флюидно-силикатный расплав, содержащий порообразующие оксиды Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti и летучие вещества CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, HCl и др. Магмы и образованные ими магматические породы по насыщенности окисью кремния подразделяются на ультраосновные (SiO<sub>2</sub><45%), основные (~50%), средние (~60%) и кислые (65-80%). В процессе дифференциации (кристаллизационной и ликвационной) и ассимиляции (за счет плавления вмещающих пород) магма изменяет свой состав. В зависимости от соотношения CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> базальтовые магмы (основные) делятся на щелочные и известково-щелочные, или нормальные.

Поднимаясь к поверхности, магма кристаллизуется внутри Земли, образуя интрузивные тела: глубинные - штоки; неглубокие (гипабиссальные) - лакколиты, неки, силлы, дайки. Прорвавшись на поверхность, магма создает вулканические конусы, лавовые поля и потоки, сложенные эффузивными породами.

От состава магматического расплава, его температуры, давления, концентрации летучих веществ зависит тип извержения: *эффузивный* (спокойное излияние лавы), *эксплозивный* (взрывное извержение) и *экструзивный* (выдавливание лавы). Спокойное излияние характерно для базальтовой лавы с небольшим количеством газов, образующей щитовые вулканы с пологими склонами (Гавайские острова, платобазальты Сибири). Взрывное извержение связано с менее подвижной основной лавой, насыщенной газами, с выбросом большого количества пирокластического материала (Ключевской на Камчатке, Стромболи, Везувий, Этна в Средиземном море). Вязкая магма с большим количеством газов обычно выдавливается по каналам, образуя на поверхности «обелиск» (Мон-Пеле – Малые Антильские острова, Безымянный - Камчатка). Подобные извержения также сопровождаются выбросом пирокластики.

Более 90% вулканов расположено вдоль границ литосферных плит. Литосфера Земли состоит из перемещающихся по астеносферному слою жестких плит мощностью от 50-60 км до 200-300 км, семь из них относят к мегаплитам. Это Евроазиатская, Североамериканская, Южноамериканская, Африканская, Тихоокеанская, Индо-Австралийская и Антарктическая. Более мелкие плиты – Аравийская, Карибская, Филиппинская, Наска, Кокос и др. Границы между плитами могут быть дивергентными, конвергентными и трансформными.

По *дивергентным* границам происходит наращивание океанической коры и раздвижение плит. По *конвергентным* – схождение плит, причем может происходить поддвигание океанической плиты под более легкую континентальную или столкновение двух плит, вызывающие коллизионные обстановки. По *трансформным*, обычно крутопадающим разломам, осуществляется скольжение литосферных плит относительно друг друга.

Следовательно, вулканы связаны с зонами растяжения, сжатия и скольжения. К зонам растяжения относятся

срединно-океанические хребты (СОХ) и континентальные рифты. Срединно-океанические хребты (Атлантический СОХ, Тихоокеанский СОХ) представляют собой вытянутые гористые поднятия с осевым рифтом, где происходит возникновение океанической коры. По осевым рифтам из мантии изливаются базальтовые лавы. Большая скорость подъема расплавов к поверхности практически не изменяет состава лав; изверженные породы представлены в основном толеитовыми базальтами. По мере удаления от СОХ увеличивается процент щелочных базальтов. Интенсивность вулканических извержений влияет на скорость раздвижения литосферных плит. Так, наибольшая скорость раздвижения плит отмечается в Тихом океане (до 10-18 см/год).

Континентальные рифты (оз. Байкал, Красное, Мертвое море, Калифорнийский залив, рифты Восточной Африки и др.) относят к структурам ранней стадии разделения коры.

В континентальных рифтах мантийные расплавы формируют промежуточные очаги на глубинах порядка первых десятков километров. При взаимодействии с различными по составу вмещающими породами происходит дифференциация расплавов. Вулканы и вулканические породы довольно разнообразны. Последние представлены трахитами, трахиандезитами, щелочными базальтами, фонолитами, нефелинитами, авгитовыми андезитами, дацитами, липаритами.

Наиболее интенсивная вулканическая деятельность проявляется в местах тройного сочленения рифтов, например, Галапагосское в Тихом океане, Азорское в Атлантическом, Родригес в Индийском океане, Афар в Восточной Африке и др.

В зонах сжатия при поддвигании одной плиты под другую формируются глубоководные желоба, островные дуги, микроконтиненты и активные окраины континентов. От желобов в сторону континентов прослеживаются наклонные зоны, называемые сейсмофокальными или зонами Бенъофа, по которым океаническая плита погружается под континентальную. Частичное плавление океанической плиты приводит к образованию магмы, которая поднимается к поверхности.

От глубины плавления и состава расплавленных пород зависит состав магмы, тип вулканизма. Вулканы пространственно сопряжены с островными дугами, микроконтинентами и активными окраинами континентов (Тихоокеанское кольцо). По мере удаления от океана, и

следовательно, с увеличением глубины плавления, толеитовые лавы базальтового и андезитового состава сменяются на продукты извержения известково-щелочного ряда от базальтов до дацитов и далее на щелочно-базальтовые и субщелочные лавы.

Вулканы активных окраин континентов характеризуются большим содержанием  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и, следовательно, большей эксплозивностью извержений, обилием игнимбритов.

При столкновении континента с континентом, микроконтинентом или островной дугой образуются *коллизионные обстановки*, характеризующиеся сгущиванием пород и интенсивным проявлением вулканизма (гималайский, кавказский тип). Коллизионный вулканизм развивается по-разному, в основном, сохраняются особенности вулканизма, предшествующего стадии столкновения.

Скольжение литосферных плит осуществляется по трансформным разломам, которые находятся как в океане (Чарли Гиббс в Северной Атлантике), так и на континенте (Анатолийский). Скольжение происходит из-за разности скоростей их перемещения. Вулканы проявляются в местах, где плиты не просто скользят относительно друг друга, но и имеют некоторое расхождение.

Небольшое количество вулканов находится внутри плит. Здесь они расположены над «горячими точками», т.е. над участками локальных долгоживущих потоков разогретого мантийного вещества. Например, на континенте к таким вулканам относится Тибести в Африке. Перемещаясь, плиты как бы проплывают над этими участками, образуя цепочку вулканов. Так были образованы Австралийские, Маршаловы острова, Гавайско-Императорский хребет.

Интенсивность вулканизма увеличивается, если горячая точка совпадает в пространстве с границей литосферных плит, со Срединно-Океаническим хребтом или трансформным разломом, как в Исландии, где «горячая точка» находится на трансформном разломе Чарли-Гиббс.

Ежегодно в мире извергается приблизительно 30 вулканов с выбросом около  $1 \text{ км}^3$  лав и пирокластов. Наиболее сильное воздействие на природную среду оказывают эксплозивные извержения вулканов. При этих извержениях происходит разрушение вулканических построек, выброс огромного количества пироклаستيки, образование грязевых потоков. Лавовые и грязевые потоки, палящие тучи, пеплопады, отравляющие газы наносят немалый

экологический ущерб, который заключается в токсикации вод и почв, уничтожении растительности и биоты. В опасной близости от активных вулканов проживают около 7% населения Земли. При извержении вулкана Мон-Пеле в 1902 г. пепловое облако с температурой 600 ° сожгло город Сен-Пьер с 28 000 жителей. Во время извержения Везувия (79г. н.э.) город Помпеи был погребен под слоем пепла толщиной шесть метров. Лавовые и грязекаменные потоки, стекая по склонам, разрушают все на своем пути, уничтожают города вместе с их жителями. В 1883г. после извержения Кракатау возникли гигантские морские волны – *цунами* - высотой до 40м, которые, обрушившись на побережье, погубили 40 000 человек. В России активные вулканы расположены на Камчатке, Курильских островах, Сахалине, цунами обычно угрожает побережью Дальнего Востока.

В результате вулканических извержений в атмосфере наблюдается повышенное содержание CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и значительная замутненность ее аэрозолем вулканического происхождения. Крупнейшие извержения, такие как Тамбора в Индонезии в 1815г., приводят к изменению климата, к уменьшению приповерхностной температуры воздуха.

После извержения вулканов происходят выделения на поверхность различных по составу вулканических газов, называемых *фумаролами*. Наиболее опасны для жизни людей и животных углекислые газы, или мофетты. Вблизи сравнительно молодых вулканов распространены *горячие источники*. На Камчатке находится знаменитая Долина Гейзеров и многочисленные горячие фумарольные озера и грязевые котлы.

В газовом составе термальных вод кроме сернистого, углекислого газа и азота содержатся легколетучие соединения бора, фтора, хлора, селена, ртути и других химических элементов. Растворяясь, сернистые газы придают поверхностным и грунтовым водам сильно кислый состав, подобный раствору сернистой кислоты. Из сернокислых вод осаждаются сульфидные минералы ртути, мышьяка, сурьмы, меди, цинка, свинца, железа. Иногда происходит выделение ядовитого селенистого водорода. При использовании горячих источников необходимо проводить предварительные исследования, изучать степень негативного воздействия на окружающую среду, совершенствовать технологический процесс для более рационального использования источников.

Человек пытается бороться с разрушительной силой вулканов. Предложен целый ряд активных защитных мероприятий. Лаву охлаждают сильными струями воды, чтобы перевести ее в твердое состояние, как было в одном из городов на острове Хеймаэй (Исландия, 1973г.). Сооружают защитные стены, плотины, валы для задержки лавовых потоков. При помощи авиации и артиллерии можно разрушить часть кратера, чтобы лава могла течь в безопасном направлении. Иногда в кратерах располагаются озера. При извержениях вода выбрасывается из кратера и, смешиваясь с рыхлым материалом, превращается в горячие грязевые потоки – лахары, которые, устремляясь вниз по склону, сокрушают все на своем пути. Этого можно избежать, если перед началом извержения соорудить систему тоннелей и по ним спустить воду.

К пассивным средствам защиты относятся: расположение населенных пунктов в наиболее безопасных местах, хорошо действующая система предупреждения и эвакуации людей, мониторинг и вулканическое районирование. Последнее состоит из исследования вулканических областей и составления карт, по которым можно определить степень опасности того или иного вулкана и выбор путей спасения при эвакуации. На картах также обозначаются побережья, подверженные цунами.

Исследования вулканов проводят геологическими, геодезическими, геофизическими, геохимическими и дистанционными методами.

*Геологические* методы включают: изучение вулканической структуры, картирование прилегающих территорий, историю вулкана, что позволяет сделать вывод о характере его деятельности.

*Геодезические* методы связаны с точной топографической съемкой, определяющей деформацию вулканического сооружения. Перед извержением обычно происходит сводовое воздымание и расширение кратера. Так, в 1964г. кратер Килауэа расширился на несколько сантиметров, а после извержения вновь сократился.

*Геофизические* методы подразделяются на сейсмические, геомагнитные и гравиметрические. С их помощью можно прогнозировать время, место и силу извержений.

Наиболее эффективными являются сейсмические исследования, с помощью которых можно определить связь

извержения с предшествующими землетрясениями, изучить характер этих землетрясений.

*Геохимические* методы включают в себя измерения температуры и количества выходящих газов и вод в единицу времени, изучение вида и количества возгонов и отложений источников. Ведутся наблюдения за содержанием серы и хлора и за изменением их количественных соотношений.

Среди *дистанционных* методов можно отметить инфракрасную съемку земной поверхности с самолетов или космических носителей, с помощью которой возможно заметить изменение температурного режима на отдельных участках.

Для противостояния таким геологическим процессам как вулканизм и землетрясения необходимы совместные международные исследования. С 1990 года действует проект Международного Десятилетия по уменьшению риска опасных природных явлений. Этот проект предусматривает использование современных технологических достижений, координацию информации, картирование активных и потенциально активных вулканов, изучение вулканической деятельности, улучшение техники регистрации вулканических извержений, совершенствование прогноза на основе геодинамического и геохимического мониторинга.

### ***Землетрясения.***

Более значительные разрушения и жертвы среди населения приносят землетрясения. Почти непрерывное колебание земной поверхности (каждые пять минут совершается минимум один подземный удар) влечет за собой множество последствий. Ежегодно в мире из-за землетрясений в среднем погибает 10 000 человек. Иногда количество жертв измеряется сотнями тысяч. В июле 1976г. в южных районах Тянь-Шаня погибло около 700 тысяч человек, а землетрясение в Китайской провинции Шаньси в 1556 году уничтожило почти 1 млн. жителей. В Армении в декабре 1988г. Спитакское землетрясение унесло 40 тысяч жизней. В результате рушатся города и села, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, автомобильные и железные дороги. При крупных землетрясениях происходит перестройка рельефа, возникают новые возвышенности и провалы, изменяются направления рек, образуются трещины и разломы, происходит перемещение блоков земной коры.

Из-за резкой разрядки напряжений в земных недрах высвобождается огромная энергия и образуются сейсмические волны. Они расходятся во все стороны, вызывая колебания горных пород. Такие колебания и называют землетрясениями.

Существует три вида сейсмических волн: первичные продольные (Р-волны), вторичные поперечные (S-волны) и поверхностные (L-волны). Продольные волны проходят через жидкости, газы и твердые тела и приводят к сжатию и растяжению горных пород. Поперечные волны распространяются только в твердых телах и влияют на сдвиг и кручение пород. Амплитуда этих волн настолько мала, что они могут быть зарегистрированы только при помощи сейсмографа. Скорость волн зависит от типа пород, в которых они распространяются; средняя скорость Р-волн составляет 7,5 км/с, S-волны перемещаются в два раза медленнее. С более низкой скоростью распространяются L-волны, но они отличаются наибольшей амплитудой и вызывают самые сильные разрушения.

После первых сильных подземных толчков наблюдаются более слабые повторные толчки, называемые *афтершоками*.

Место, где возникает землетрясение, является его очагом, или фокусом, или *гипоцентром*, а проекция очага на поверхность – *эпицентром*. В зависимости от глубины возникновения, землетрясения делятся на мелкофокусные (с глубиной до 60 км), среднефокусные (от 60 до 300 км) и глубокофокусные (свыше 300 км). Большинство землетрясений относится к мелкофокусным.

Сила землетрясений определяется количеством энергии сейсмических волн, выделившейся в очаге. В России она оценивается по шкале интенсивности «MSK – 64» в баллах от 1 до 12. Авторы предложенной шкалы: С.В.Медведев, В.Шпонхойер, В.Карник. По первым буквам их фамилий и названа шкала. Например, Ташкентское землетрясение в 1966г. оценивалось в 8 баллов, Спитакское в 1988г. – в 8-10 баллов. В мировой практике используется шкала магнитуд, предложенная Ч.Рихтером в 1935 году, где магнитуды измеряются от 0 до 8,8. По этой шкале магнитуда землетрясения в Гватемале (1976г.) составила 7,5, в Чили (1960г.) – 8, а в Ташкенте (1966г.) – 5,3. Землетрясение с магнитудой 8 энергетически сопоставима с взрывом нескольких тысяч атомных бомб хиросимского типа

(С.М.Мягков, 1995г.). Разрушительные землетрясения обычно имеют магнитуду от 7,0 и выше.

Основной причиной землетрясений является перемещение блоков земной коры, которое связано с тектоническими процессами: растяжением, сжатием и смещением по разломам. В зонах растяжения (срединно-океанические хребты и континентальные рифты) происходят мелкофокусные среднеамплитудные землетрясения. С зонами сжатия (островные дуги, океанические глубоководные желоба, зоны столкновения континентальных плит) связаны наиболее многочисленные и мощные землетрясения. Более 90% подземных толчков сосредоточены в Альпийско-Гималайском и Тихоокеанском поясах: здесь располагаются самые разрушительные землетрясения с мелко-, средне- и глубоководными очагами.

Смещение плит, крупных блоков горных пород вдоль глубинных разломов, например, трансформных, приводит к средне- и малоглубинным землетрясениям - от слабых до катастрофических. Землетрясение в Калифорнии в 1971г. связано со смещением по разлому Сьерра, в 1989г. – по разлому Сан-Андреас.

Вулканическая деятельность также является причиной возникновения землетрясений, но они, за редким исключением, слабые и охватывают небольшую площадь. Подземные толчки сопровождали извержения Кракатау, Везувия. В 1973 году в Исландии на острове Хеймаей проснулся вулкан Хельгафьелл. Пока его лава поднималась к поверхности, зарегистрировано множество слабых толчков до 2,7 баллов по шкале Рихтера.

Небольшие землетрясения происходят из-за изменения нагрузки на земную поверхность. Так, скопление осадков в дельтах рек приводит к увеличению нагрузки, а отступление ледника, наоборот, к ее снижению. И то и другое вызывает сейсмические колебания.

Деятельность человека также может привести к землетрясениям. Заполнение водохранилищ, взрывы, запуск космических аппаратов, движение поездов вызывают колебания горных пород. Извлечение из недр полезных ископаемых ведет к опусканию поверхности и развитию техногенной сейсмичности. Антропогенное землетрясение, связанное с быстрым наполнением водохранилища, произошло в Индии вблизи плотины Койна в 1967 году.

Мощностью 8-9 баллов, оно разрушило сотни домов, погубило 180 человек, 2 тысячи человек было ранено.

В горных выработках, например, Донбасса, наблюдаются слабые очаги из-за изменения напряженного состояния. Причиной Газлийского землетрясения 1976 года некоторые исследователи называют разработку газового месторождения.

Ежегодный ущерб от землетрясений составляет 7 млрд. долларов (по данным ЮНЕСКО). В «катастрофический» 1976 год погибло 700 тысяч человек. Помимо разрушений и жертв, вследствие землетрясений образуются оползни, обвалы, грязевые потоки (Гиссарский хребет, 1949 г.), опускается и затопляется морем обрабатываемая земля (Чили, 1960г.), возникают крупные разрывы земной поверхности (Калифорния, 1971г.)

Землетрясения, как правило, избежать нельзя, но можно смягчить его последствия, спасти жизнь многих людей. В сейсмоопасных районах необходимо при строительстве учитывать устойчивость грунтов и обеспечивать наивысшую надежность конструкций зданий, предупреждать население о возможном землетрясении. Необходима остановка потенциально опасных промышленных предприятий (атомных электростанций, доменных печей, нефтеперерабатывающих и других заводов тяжелой индустрии).

В настоящее время разрабатывается метод искусственного воздействия на участки, находящиеся в напряженном состоянии. Разрядка накопившихся напряжений может ослабить силу землетрясения.

Для прогноза землетрясений проводятся теоретические, лабораторные и полевые исследования: изучается механизм очагов, строятся соответствующие физические и математические модели, ведутся инструментальные наблюдения за предвестниками землетрясений на поверхности земли и в скважинах.

*Предвестники землетрясений подразделяются на:*

- сейсмические: сейсмические бреши, сейсмическое затишье, кольцевая активность, миграция очагов по разломам, появление форшоков (предшествующие толчки) и др.;
- геофизические: изменение времени пробега сейсмических волн, изменение уровня электротеллурического поля;
- геодезические: деформации и наклоны земной поверхности;

- гидрогеодинамические: изменение уровня подземных вод и т.д.;
- геохимические: увеличение содержания радона, аномальные изменения концентрации гелия, углекислого газа, водорода, кислотности;
- биологические (необычайное поведение животных).

Прогноз землетрясений может быть долгосрочным, среднесрочным и краткосрочным. При долгосрочном прогнозе на основе данных о геотектонических условиях, современных движениях земной коры и выявлении периодичности землетрясений выделяются потенциально опасные участки.

Среднесрочный прогноз строится на базе анализа предвестников: сейсмических, геофизических, гидрогеодинамических и геохимических. Дается оценка места и магнитуда ожидаемого землетрясения. Время определяется с точностью до нескольких лет или месяцев. Составленные карты используются для усиления наблюдений и для проведения профилактических мер с целью уменьшения ущерба от ожидаемых землетрясений.

При краткосрочном прогнозе анализируются наблюдения за форшоками, геодезическими, гидрогеодинамическими, геохимическими и биологическими предвестниками. Оценивается вероятность землетрясения, его место и магнитуда. Принимается решение о сейсмической тревоге.

В Китае с 1974 по 1976 годы были предсказаны четыре землетрясения с магнитудой 6,7-7,4 баллов. Сделан прогноз будущего землетрясения в Токио. В Японии, Греции и Франции для краткосрочного прогноза используется система VAN, которая помогает предсказать время, эпицентр и магнитуду землетрясений. Ее основой является сеть измерительных станций, регистрирующая предшествующие землетрясениям электрические сигналы естественного электротеллурического поля Земли, телеметрическая связь и центр обработки информации (М.Д.Рукин,1992). На территории СНГ развернута Единая система сейсмических наблюдений (ЕССН), включающая в себя сеть сейсмических станций и вычислительные обрабатывающие центры. Существует также сеть станций наблюдений за геомагнитным полем, изменение которого может явиться причиной землетрясения.

В России проблемой предсказания землетрясений занимается Институт физики Земли. На всех крупных полигонах внедряются средства автоматической регистрации

предвестников, например, автоматические установки «ГЕККОН», «Прогноз–М», «Наяда» и др. Прогноз ведется с использованием целого ряда математической обработки результатов наблюдений.

Проект Международного Десятилетия по уменьшению риска от землетрясений предусматривает анализ данных и организацию совместной международной службы по координации информации о землетрясениях на базе разработки методов хронометрирования землетрясений и эффективного и заблаговременного их прогноза.

### **Экологические последствия экзогенных природных явлений.**

К *экзогенным* (поверхностным) природным явлениям можно отнести выветривание, разрушительную деятельность ветра и воды, оползни, сели, снежные лавины, ледники.

#### ***Выветривание.***

Выветривание – это изменение горных пород в результате физического, химического и биологического воздействия воды, кислорода, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов и солнечной радиации. Под физическим выветриванием понимается механическое разрушение пород. При химическом - происходит изменение состава минералов, слагающих породы. К видам химического выветривания относят окисление, гидратацию, растворение и гидролиз. Окисление происходит под действием кислорода. Так, окисляясь, сульфиды превращаются в оксиды. В процессе присоединения воды (гидратация) изменяется минеральный состав, например, ангидрит превращается в гипс. Вода способствует растворению горных пород, таких как хлориды, сульфаты и карбонаты, в результате чего проявляются карстовые формы. При гидролизе под действием воды происходит распад минералов.

Проходка тоннелей, разработка карьеров, рудников и другая антропогенная деятельность способствуют процессам выветривания.

Разрушенные породы образуют кору выветривания или *элювиальные, коллювиальные и делювиальные* отложения. Элювиальные – это разрушенные породы, оставшиеся на том же месте, коллювиальные – смещенные по склону под

влиянием силы тяжести, делювиальные – смещенные под действием атмосферных осадков.

Наиболее ценный для человека результат выветривания – **образование почвы**. Почва представляет собой совокупность органического и неорганического вещества, воды и воздуха. Тип почвы (арктические тундры, тундровые, подзолистые, серые лесные, черноземы, бурые, пустынные и т.д.) зависит от материнской породы, климата, рельефа, растительности и времени образования. На плодородие почвы влияет ее строение и распределение растворимых солей. Водная эрозия ухудшает плодородие. По результатам водной эрозии почвы подразделяются на сильносмывные, среднесмывные и слабосмывные. На сильносмывных почвах урожайность сельскохозяйственных культур падает до 50-70% (Н.А.Алексеев, 1988). Борьба с эрозией почв требует значительных затрат, но не всегда дает видимый эффект. Проведение горных выработок, сооружение отвалов и хранилищ, строительство зданий, прокладка дорожных и других коммуникаций тоже приводит к нарушению почвенного покрова, сокращению площадей продуктивных угодий, ухудшению качества почв, химическому загрязнению.

### ***Деятельность ветра.***

Ветер, разрушая породы, переносит пыль и песок и создает *золотые осадки*. Отложения пыли большой мощности называют *лессом*. На севере Китая лессом перекрыты не только долины и плоскогорья, но и горы. Мощность лесса там от 100 до 300 метров.

На берегах морей и озер из песка образуются *косы, дюны*, в пустынях – *барханы и барханные гряды*. Перемещаясь, дюны и барханы засыпают дороги, аэродромы, леса, пашни, проникают в здания, создают угрозу оазисам. Опасное движение можно остановить посадками кустарников и деревьев, механическими сооружениями. Песок засыпают щебнем, шлаком, заливают асфальтом или жидкой нефтью.

### ***Дождевая эрозия.***

Дождевая эрозия и склоновый сток, как и выветривание, выравнивают рельеф. В результате размыва поверхности формируются овраги. Они растут в длину со скоростью от 2 до 50 метров и более в год. Овраги уменьшают площади пашни, разрушают автомобильные и железные дороги, жилые и промышленные сооружения, собирают всю стекающую воду,

вскрывают подземные водоносные горизонты и таким образом осушают окружающую местность. Наступление оврагов можно остановить посевом многолетних трав, посадкой кустарников и деревьев, запрещением вырубki леса на склонах, заравниванием промоин, устройством водоотводящих сооружений.

Немалый ущерб приносят дождевые паводки, которые могут повторяться несколько раз в год. Они приводят к формированию паводков на реках, увеличению поверхностного стока в горах, в результате чего возникают сели и оползни.

### ***Речная эрозия.***

Эрозионная работа рек заключается в размыве пород и зависит от параметров реки: ширины, глубины, скорости, уклона.

Размыв может быть механическим, когда частицы пород, находящиеся в воде, ударяются и трутся о речное дно; гидравлическим, зависящим от подъемной силы воды, ее стачивающего и расклинивающего действия; химическим, при котором растворяются породы русла. Речной поток размывает дно русла (донная эрозия) и подмывает берега, расширяя долину (боковая эрозия). Для укрепления берегов используют дерн, камень, бетон, как, например бетонные стены Москвы-реки и Невы. Под действием силы течения возникают меандры (излучины) и старицы (отторгнутые от реки меандры). Для спрямления русел иногда искусственно отсекают меандры. На некоторых участках Миссисипи каждые несколько лет меандры отсекали искусственными выемками и защитными насыпями, стоимость которых доходила до 1 млн. долларов за километр (А. Аллисон, Д. Палмер, 1984).

Речная эрозия разрушает породы и создает каньоны, останцы, столбовые горы, пороги, водопады и т.п.

Реки переносят частицы пород, сортируют и откладывают их на всем протяжении. В результате образуются аллювиальные конусы выноса, аллювиальные равнины, прирусловые отмели, поймы, валы, террасы и дельты.

Ресурсы рек используют для водоснабжения, орошения сельскохозяйственных угодий, получения электроэнергии. Процесс выработки электроэнергии с помощью гидроэлектростанций не загрязняет окружающую среду, но имеет отрицательно влияющие на экологию последствия: затопление обширных территорий, изменение гидрогеологического режима,

повышение сейсмичности. На Ангаре действует 6 гигантских гидростанций. В результате их работы в реке повысился уровень воды, и исчезли нерестилища. Загрязнение рек происходит в значительной степени за счет сброса в них сточных вод. Наиболее загрязненными на территории России являются реки острова Сахалин, реки и озера Кольского полуострова, нижнее течение реки Амур. Концентрация ряда загрязняющих веществ в этих реках превышает предельно допустимый уровень в 10 и более раз. В среднем течении реки Волги концентрации фенолов и нефтепродуктов составляют 8-10 ПДК, соединений азота и меди - 3-4 ПДК, в нижнем течении вода загрязнена солями меди до 15 ПДК.

Отрицательное действие рек связано с изменением русла, развитием меандр, размывом берегов, образованием заторов и зажоров, половодьем, заболачиванием территории. В результате увеличения уклона реки вода подтачивает устои мостов, смещает водопроводные трубы, разрушает дороги. Для предотвращения подобных явлений строятся защитные насыпи, искусственные выемки и т.д.

### ***Наводнения.***

Основным бедствием, связанным с водной стихией, являются наводнения. Наводнения – это значительные затопления местности в результате подъема уровня воды в реке, озере, море, вызванные различными причинами. Существуют естественные и антропогенные причины. Среди них: выпадение осадков, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ и другие. Различают следующие виды затопления местности: половодье, паводки, ливневые, заторно-зажорные, завально-прорывные и нагонные наводнения. *Половодье* – это подъем воды в период таяния снега. *Паводок* связан с затяжными дождями. *Ливневые наводнения* происходят из-за интенсивных длительных дождей. В Китае на реке Хуанхе во время ливневого наводнения 1959 года уровень воды поднялся на 30 метров, погибло 2 млн. человек.

*Заторы* образуются при вскрытии рек в период разрушения ледяного покрова, а *зажоры* – в период его формирования. Это приводит к подъему уровня воды и затоплению прилегающей территории. Заторы характерны для рек, текущих на север. Заторный подъем воды в среднем 10 м, но иногда достигает 30-40 м (Нижняя Тунгуска). Длина заторов доходит до 50-100 км (низовья Лены). Длина зажорных

скоплений шуги из-за мелкобитого льда на Ангаре достигает 25 км, толщина – 10-15 м, а подъем уровня воды - 12 м. Борьба с заторами (зажорами) заключается в предотвращении их образования (вскрытие реки) или ликвидации уже образовавшихся (наиболее эффективным является взрывной способ).

*Завальные и прорывные наводнения* в основном бывают в горах и связаны с обвалами, оползнями, ледниками, землетрясениями, прорывом искусственных плотин. В результате землетрясения в 1911г на Памире на реке Мургаб образовался завал и возникло Сарезское озеро глубиной до 500 м.

*Нагонные наводнения* возникают при сильном ветре на приморских территориях (Каспийское, Азовское моря, в устьях Невы, Северной Двины). Они характеризуются внезапностью, кратковременностью и интенсивностью подъема уровня воды. В Ленинграде подобные наводнения возникают в течение всего года, но самые опасные приходятся на осень.

В России среди других природных бедствий наводнения стоят на первом месте по площади распространения и материальному ущербу. Малые и средние наводнения повторяются почти ежегодно, высокие наводнения происходят один раз в 20-25 лет, катастрофические – не чаще одного раза в 100-200 лет. В 1991г. в России произошло 14 крупных паводков и наводнений, в 1992г. – 24, а в 1993г. – 10. Разовый ущерб в сельскохозяйственных районах достигает сотен млн. рублей. Гибнут посевы, пастбища, скот, повреждаются дороги, ЛЭП, строения, останавливаются предприятия, размываются свалки, могильники. Наиболее сильные наводнения в России отмечаются в районах Дальнего Востока (р. Амур) и в Читинской области. В августе 1998г. в Читинской области в зоне затопления оказались 6000 человек. Катастрофические наводнения в последние годы наблюдаются в Америке, Англии, Германии, Франции, Швейцарии и других странах.

*Меры борьбы с наводнениями* могут быть оперативными и техническими. На реках строятся гидротехнические сооружения специального назначения, берегозащитные сооружения, проводится регулирование поверхностного стока и стока в русле реки, отвод паводковых вод, спрямление русел рек, дноуглубление. Материальный ущерб от наводнений значительно уменьшается при наличии заблаговременного прогноза и службы оповещения. Для *прогнозирования*

*наводнений* ведется обработка гидроклиматической информации и районирование пойм.

### ***Подземные воды.***

Кроме поверхностных вод для водоснабжения населенных пунктов, в сельском хозяйстве и промышленности используются подземные воды. Подземные воды находятся ниже земной поверхности в парообразном, жидком и твердом (лед) состоянии. По происхождению они подразделяются на инфильтрационные, конденсационные, седиментогенные, магматогенные и метаморфогенные. *Инфильтрационные* – это атмосферные и поверхностные воды, которые просочились внутрь Земли. *Конденсационные* воды образуются в результате конденсации в пустотах паров атмосферной влаги. *Седиментогенные* (осадочные, или реликтовые) – представляют собой воды древних погребенных морей. *Магматогенные* подземные воды выделяются из остывающей магмы, а *метаморфогенные* – в результате метаморфизма, процесса изменения горных пород и минералов под действием высокой температуры и давления.

По условиям залегания подземные воды подразделяются на четыре типа. У самой поверхности находятся *почвенные воды*, ниже – *воды верховодки*, обычно в виде линз небольшой мощности (до 1-2 метров, редко до 5), которые подстилаются водоупорными породами. Эти два типа располагаются в зоне аэрации, в которую свободно проникает воздух. Ниже зоны аэрации находится зона насыщения, где все пустоты заполнены *грунтовой водой*. Границей между двумя зонами является уровень, или зеркало грунтовых вод. Пласт горной породы от уровня грунтовых вод до водоупора называется *водоносным горизонтом*. Уровень грунтовых вод обычно повторяет рельеф местности и грунтовая вода движется по пласту к пониженным участкам под действием силы тяжести. Там, где этот пласт выходит на поверхность, происходит разгрузка вод в виде источников или родников. Если воды расположены между двумя водоупорными пластами, они называются *межпластовыми*. Такие воды могут быть безнапорными и напорными. Напорные, или артезианские подземные воды находятся на больших глубинах и обладают гидростатическим напором. *Артезианские воды*, расположенные в прогибах и впадинах, образуют артезианские бассейны, размеры которых достигают сотен тысяч км.<sup>2</sup>

Артезианские бассейны содержат огромные запасы питьевой воды.

В последние десятилетия возросло потребление подземных вод и, соответственно, их истощение. Чтобы сохранить запасы подземных вод необходимо контролировать их использование, ограничить отбор воды на участках, где он превышает скорость естественного пополнения, избегать потерь, искусственно пополнять запасы воды, возвращать в грунт использованную и очищенную воду. В результате антропогенного воздействия воды загрязняются нефтепродуктами, фенолами, нитратами, сульфатами, хлоридами, соединениями железа, тяжелыми металлами и другими вредными веществами. На территории европейской части России выявлено более 100 крупных участков загрязнения подземных вод. Существуют специальные службы контроля, создаются зоны «санитарной охраны» водозаборов.

*Охрана подземных и поверхностных водных ресурсов* включает ряд мероприятий:

- совершенствование технологии использования воды;
- использование подземных вод только для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения;
- обезвреживание сточных вод, их очистка;
- очистка водных объектов от нефтяной пленки и плавающих предметов;
- создание водоохраных зон и лесозащитных полос, проведение комплекса противоэрозионных мероприятий и др.

Химический состав и минерализация подземных вод зависят от условий их образования и от взаимодействия с вмещающими породами. По химическому составу они подразделяются: по преобладанию анионов на гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные и смешанные и по преобладанию катионов - на кальциевые, магниевые и др. По минерализации – количеству солей в единице объема – различаются пресные, солоноватые, соленые и рассолы. В лечебных целях используются минеральные воды: углекислые (Кисловодск), сероводородные (Ессентуки), радоновые (Цхалтубо). По температуре их делят на холодные, теплые, термальные, горячие и гипертермальные. У выходов гипертермальных вод с температурой 100<sup>0</sup> и выше строятся электростанции (Камчатка).

В процессе выщелачивания подземными и поверхностными водами таких пород как известняк, доломит, гипс, соли, образуются различные полости, пещеры, западины, воронки и другие карстовые формы. Интенсивное использование подземных вод приводит к образованию больших пустот. Вследствие этого происходит опускание поверхности. Например, в Токио отдельные районы оседают на несколько сантиметров в год. В Москве только в 1998г. образовалось несколько провалов.

Близкое залегание вод от поверхности вызывает заболачивание сельскохозяйственных угодий, подтопление жилых и промышленных объектов, вынуждает проводить работу по предупреждению затопления шахт, карьеров и др.

### ***Мировой океан.***

Более 70% поверхности Земли приходится на Мировой Океан, включающий воды соединенных между собой морей и океанов. Он является местом скопления колоссального количества биологических, минеральных и энергетических ресурсов. Взаимодействие океана и атмосферы определяет климат нашей планеты. Благодаря фитопланктону океан поставляет почти половину всего кислорода атмосферы. На континентальном шельфе сосредоточены большие запасы нефти и газа. В прибрежной зоне находятся россыпи ильменита и рутила, олова, золота, платины, алмазов и т.д.

И в то же время океан – грозная стихия. Синоптические вихри, возникающие в океане, достигают в диаметре сотен километров, а заключенная в них энергия превышает 90% всей кинетической энергии океана (В.Ф. Барабанов, 1994).

Изменение плотности и температуры вод морской поверхности, землетрясения и вулканизм являются причиной возникновения морских течений, приливов, цунами. Огромная мощность приливо-отливных течений позволяет использовать их для получения электроэнергии. Энергетические установки созданы в России, Японии, США, Франции. Но приливные и прибойные волны подмывают берега, заливают низменные побережья. Волны, вызванные цунами, уничтожают населенные пункты, дороги, дамбы. Циклон, обрушившийся в 1992г. на Курильские острова, выбросил на берег рыболовецкий траулер, на борту которого было 300 т нефтепродуктов; при этом имелись жертвы. В 1997г. в результате тайфуна во Вьетнаме погибло 600

человек, 300 – пропало без вести, экономический ущерб достиг 500 млн. долларов.

Для предупреждения размыва берегов, который ведет за собой разрушение дорог и различных сооружений, проводят мониторинг и районирование берегов, строят дамбы, перемычки, волнорезы, облицовывают берега.

За состоянием морей и океанов наблюдают с береговых станций, судов, летательных аппаратов. Обработка поступающей информации позволяет составить оперативные морские гидрологические прогнозы различной заблаговременности.

В морях и океанах происходит накопление осадков (*седиментогенез*) и преобразование их в осадочную породу (*диагенез*). Около берега накапливается более грубый материал: галечник, песок, дальше отлагаются песчаные и песчано-глинистые осадки, а затем и глинистые. С осадками смешиваются частицы извести, слюд, растительные и животные остатки. Под давлением слои уплотняются, цементируются и образуются твердые породы: песчаники (чистые, глинистые и известковистые), сланцевые глины и глинистые сланцы, мергели, известняки, доломиты и т.д. В соляных озерах, лагунах, заливах из рассолов хлористого натрия осаждаются галит, а из рассолов сернистого кальция – гипс, ангидрит.

В морской воде в растворенном виде содержатся соли хлоридов ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ) и сульфатов ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ). Небольшая доля приходится на карбонаты ( $\text{CaCO}_3$ ). Помимо солей в состав морской воды входит йод, фтор, фосфор, цинк, свинец и другие элементы, а также газы: кислород, азот, углекислый газ, иногда сероводород, например, в глубинной части Черного моря.

Отношение веса всех солей в данном объеме воды к весу воды, называется ее соленостью. Средняя соленость вод Мирового океана около 3,5%. Плотность морской воды зависит от температуры, солености и давления. Средняя плотность поверхностных вод океана составляет  $1,02474 \text{ г/см}^3$ .

С изменением температуры, солености, давления и глубины изменяются ***виды подводных растений и организмов.***

В приповерхностном слое воды (*пелагическая зона*) обитают пассивно плавающие одноклеточные, растительные

организмы и свободно плавающие рыбы, морские беспозвоночные.

В прибрежной, или литоральной части, из-за приливов и отливов достаточно сложные условия жизни. В районе *континентального шельфа*, погруженной окраины континента, не глубже 200 м находится неритовая зона с богатым развитием разнообразных форм морских организмов (бентос).

От бровки шельфа довольно круто уходит на глубину 2000м *континентальный склон*, который переходит в *континентальное подножье*. Здесь расположена батипелагическая зона с определенным комплексом батипелагических организмов.

Континентальное подножье (от 2000 до 3500м) сопряжено с *ложем океана*, имеющего глубину 3500-6000м. Ложе океана представлено абиссальными равнинами, возвышенностями и подводными горами. Подводные вулканические горы с плоскими вершинами называются *гуйотами*. Часто встречаются *атоллы* – коралловые острова в виде узкой кольцевой гряды рифового известняка, замыкающего внутреннюю лагуну. Вдоль осевой части океанов тянутся срединно-океанические хребты, разделенные трансформными разломами на блоки.

Представленная выше континентальная окраина относится к *пассивному типу*. Для окраины *активного типа* (Тихоокеанская) характерно наличие глубоководных желобов. Причем, в западной ее части глубоководные желоба сопряжены с островными дугами, которые ограничивают окраинные моря.

На таких глубинах в абиссальной и субабиссальной зонах распространение живых сообществ связано с выходом горячих и теплых гидротермальных и холодных сульфидно-метановых источников. Глубоководные экосистемы обнаружены на глубине до 6000м в рифтовых зонах (Галапагосский рифт), в глубоководных желобах (Нанкай), на поднятиях (Восточно-Тихоокеанское), во впадинах (Дзенису) и на подводных вулканах (Эримо, Касимо) (К.С. Кузьминская, 1996).

Антропогенная деятельность воздействует на морские экосистемы. Скопления критических концентраций тяжелых металлов, нефтяных и хлорированных углеводородов создают напряженную экологическую обстановку, что может оказать влияние на экологическую ситуацию планеты.

Загрязняющие вещества попадают в океан с речными водами. В океан сбрасываются миллионы тонн фосфора, свинца, радиоактивных отходов. Ежегодно в Северное море поступает около 11 000 тонн свинца, 28 000 тонн цинка, 950 тонн мышьяка, 335 тонн кадмия, 75 тонн ртути, до 150 000 тонн нефти, 20 000 тонн мусора, 100 000 тонн фосфатов и 1,5 млн. тонн азотных удобрений (В.М. Мишон, 1996). Высокие концентрации загрязняющих веществ в Баренцевом море привели к тому, что употребление в пищу рыб Кольского залива стало опасным для здоровья людей. Добыча нефти в прибрежной шельфовой зоне практически губит все живое. Один литр разлитой нефти поглощает для своего окисления растворенный кислород из 400 000 литров морской воды (В.Ф. Барабанов, 1994).

В задачи международных программ по изучению Мирового океана входят:

- анализ современной экологической ситуации Мирового океана;
- изучение роли атмосферных переносов в загрязнении океана;
- изучение воздействия загрязняющих веществ на морские организмы и биоценозы;
- комплексный глобальный мониторинг;
- изучение способности океана к динамическому накоплению и удалению загрязняющих веществ;
- прогноз и оценка состояния Мирового океана.

### **Оползни.**

Разрушенные различными процессами породы под действием гравитационной силы перемещаются вниз по склону. К процессам перемещения можно отнести *крип почвы* (медленное оползание почвы и рыхлых пород), солифлюкцию, оползни и осыпи, сели (грязевые потоки), снежные лавины.

Оползень – это смещение по склону части горных пород под действием силы тяжести. Поверхность, по которой оползень перемещается, называется поверхностью скольжения, а сползающая масса – оползневым телом. Оползни можно классифицировать по механизму образования: оползни сдвига, выдавливания, вязкопластичные, гидродинамического выноса, внезапного разжижения пород, возникающие вследствие разрушения структурных связей в глинистых слабо уплотненных породах, оползни комбинированные. По мощности выделяются:

- малые до 10 000 м<sup>3</sup> горных пород,
- средние - от 11 до 100 000 м<sup>3</sup>,
- крупные - от 101 до 1000 000 м<sup>3</sup>,
- очень крупные - более 1000 000 м<sup>3</sup>.

Образование оползней зависит от множества причин, подразделяемых на естественные (геоморфологические, климатические, гидрогеологические, сейсмотектонические) и антропогенные. Для развития оползней благоприятны крутые склоны, расположенные по берегам крупных рек, озер и морей, на возвышенностях, в выемках и карьерах; разрушенные или легко скользящие породы, например глины; повышенное количество атмосферных осадков; изменение уровня воды.

К особому виду оползней можно отнести *каменные глетчеры*, которые развиваются в районах вечной мерзлоты. Они состоят из каменно-обломочного материала и движутся со скоростью приблизительно 1м/год. При горнодобывающем производстве в условиях холодного климата из отвалов пустой породы могут образоваться техногенные каменные глетчеры. Скорость техногенных глетчеров в Хибинах толщиной около 20 м достигает 100 м/год.

Оползни наносят серьезный ущерб, а иногда приводят к катастрофическим последствиям. Они разрушают отдельные постройки и целые населенные пункты, губят сельскохозяйственные угодья, повреждают коммуникации, тоннели, трубопроводы, телефонные и электрические сети, угрожают безопасному движению поездов и автомобильного транспорта, водохранилищам и плотинам, создают опасность при эксплуатации карьеров. Экономический ущерб от оползней достигает сотен миллионов долларов. Оползень в Гиссарской долине в 1989 году длиной около 2 км и шириной до 300 м перекрыл слоем 15-20 м четыре кишлака. Число жертв – около 1000. В Италии в 1963 году от оползня объемом 240 млн. м<sup>3</sup> пострадали пять городов, и погибли около 3 000 человек.

Основные *противооползневые мероприятия* направлены на обеспечение устойчивости склонов. Они делятся на две группы: пассивные и активные.

К пассивным относится запрещение и ограничение действий, провоцирующих оползни:

- подсыпка и подрезка оползневых склонов;

- строительство на склонах без выполнения мероприятий, исключающих утечку воды в грунт;
- производство взрывов и горных работ вблизи оползневых участков;
- сброс на оползневые склоны ливневых, талых, сточных вод и т.д.

К активным мероприятиям относятся:

- уполоаживание склонов или откосов;
- перехват подземных вод выше оползня;
- защита берегов от абразии и от боковой эрозии;
- регулирование поверхностного стока;
- защита грунтов поверхности склона;
- строительство механических сооружений;
- изменение физико-технических свойств грунтов;
- ограничение строительных работ;
- строгий контроль эксплуатации различных сооружений.

Для предотвращения оползней осуществляется контроль за состоянием оползнеопасных склонов и соблюдением охранно-противооползневого режима.

В районе оползня специальные посты ведут постоянное наблюдение с целью выявления причин его возникновения, изучают динамику перемещения и определяют противооползневые мероприятия. Полученные данные наносят на крупномасштабные карты, где указываются: устойчивость склонов, гидрогеологические условия, геоморфология района, места прошлых оползней и т.д.

*Прогноз* оползней подразделяется на долгосрочный, заблаговременный, на ближайший год, краткосрочный и экстренный.

При долгосрочном прогнозе выявляется ритмичность оползней, связанных с климатическими факторами и по специальным программам определяются корреляционные функции и площадь повышенной оползневой активности. Заблаговременный прогноз составляется на несколько лет, краткосрочный – на несколько месяцев, недель, дней, экстренный – на несколько часов или минут. Наиболее достоверными являются краткосрочный и экстренный прогнозы. Например, в Японии время предсказания оползня Такабаяма отличалось от времени его перемещения на шесть минут.

## Сели.

Селевым потоком называется временный горный поток смеси воды и обломков горных пород. Размер обломков пород изменяется от глинистых частиц до крупных камней и глыб. Очагом селя может быть участок селевого русла или селевого бассейна, покрытого рыхлообломочным грунтом. Крутой передний фронт селевой волны образует «голову» селя. По составу сели подразделяются на водно-каменные, водно-песчаные и водно-пылеватые, грязевые, грязе-каменные, водно-снежно-каменные.

По мощности они делятся на:

- слабой мощности, когда к подножию гор выносятся менее  $10\ 000\ \text{м}^3$  перемещаемого материала;
- средней мощности – от 10 до  $100\ 000\ \text{м}^3$ ;
- мощные  $>100\ 000\ \text{м}^3$ ;
- весьма мощные – 2-4 млн.  $\text{м}^3$ , которые наблюдаются один раз в 30-50 лет.

Для образования селей необходимо сочетание геологических, климатических и геоморфологических условий: наличие селеформирующих грунтов на крутых склонах и источников интенсивного обводнения этих грунтов. Источниками твердого питания являются: ледниковые морены, рыхлый материал оползней, осыпей, русловые завалы; жидкого питания – дожди, снежный покров, воды горных озер, ледники. Для низкогорных и среднегорных районов характерны дождевые сели, для высокогорных – гляциальные. В Средней Азии на долю дождевых селей приходится 84%. В результате интенсивного снеготаяния сформировались 1,8% селей, сочетания дождя и снеготаяния – 8,2%, прорыва озер – 2, 9%.

Существуют три типа селей: альпийский, пустынный и лахары. *Альпийский* характеризуется наличием крутых склонов с рыхлым обломочным материалом и большим запасом воды, образованным в результате сильных ливней и быстрого таяния снега. Такой тип отмечается в Альпах, Андах, Гималаях, Тянь-Шане, Забайкалье, на Кавказе, Урале и т.д.

Сели *пустынного типа* характерны для засушливых районов при выпадении там обильных ливней на склоны с большим количеством обломочного материала, обычно глинистого или алевролитового.

*Лахары* – это вулканические грязевые потоки. Они образуются после сильных дождей на склонах действующих вулканов, покрытых слоем пыли и пепла; при смешивании раскаленного вулканического материала со снегом, с водами кратерных озер, рек.

Селевые потоки наносят ущерб населенным пунктам, автомобильным и железным дорогам, линиям электропередач, мостам, плотинам и т.д. Потоки перегораживают реки, уничтожают насаждения и посевы сельскохозяйственных культур. В 1991 году в Магаданской области на вахтовый поселок геологов сошел селевый поток: погибли 6 человек, пострадали 11. На юге Калифорнии в 1941 году селевый поток шириной в среднем 50 м продвинулся вниз по долине на 24 км. В результате переместилось около 1 млн. м<sup>3</sup> обломочных пород (обломки достигали 1 м в диаметре). Поток поступал почти неделю, снося деревья и кусты, строения, животных, людей.

*Меры по предотвращению селей* подразделяются на: административные (запрещение строительства в руслах селевых потоков), агротехнические (обработка склонов), лесомелиоративные (охрана лесов) и гидротехнические (противоэрозионные и противоселевые сооружения). К последним относятся селезадерживающие плотины и запруды, котловины для расширения русла, селеотводящие стенки, селерезы, селеспуски для переброски селей через дороги и трубопроводы, селепропускные сооружения под защищаемыми объектами, селенаправляющие дамбы и тормозящие сооружения. Для контроля за состоянием селевых очагов организуются посты селевых станций и метеослужба.

*Методы прогноза* включают в себя эмпирические, статистические и расчетные данные. Сели можно прогнозировать по результатам наблюдений за прошлые годы и по метеорологическим сводкам. Вероятность дождевых селей базируется на метеопрогнозе количества осадков, а гляциальных – на предсказании возможности прорыва моренных и подпруженных озер (по аномальным отклонениям водного и термического режимов). С помощью математических моделей возможен прогноз процессов движения и трансформации селя.

### ***Снежные лавины.***

Снежные лавины – это обвал снега на горных склонах крутизной от 20 до 50 °. К лавинообразующим факторам относятся: толщина снежного покрова не менее 30-50 см., плотность снега, величина прироста свежеснегавшего снега, метелевый перенос, интенсивность снегопада, температура воздуха и т.д. Также причиной схода лавин является интенсивное таяние снега. Среди антропогенных причин можно назвать создание искусственных склонов (карьеров, отвалов), взрывные работы на рудниках и карьерах.

Лавины из сухого снега имеют единое обтекаемое тело и сопровождаются воздушной волной. Лавины из мокрого снега имеют форму русловых потоков. Скорость лавины в среднем 50-90 м/с.

По частоте схода различаются систематические лавины, которые сходят постоянно и спорадические – внезапные лавины, чаще всего катастрофические. Причиной катастрофических лавин являются обильные снегопады и землетрясения.

Даже небольшие лавины представляют опасность для людей. Среднегодовое число жертв в мире около 150 человек. Лавины образуют завалы на дорогах, разрушают инженерные сооружения, блокируют населенные пункты, туристические базы.

*Меры защиты* могут быть пассивными и активными. Представляют интерес лавиноударные установки и лавинные лотки.

*Прогноз* состоит из определения участков схода лавин, времени лавинообразования и ожидаемых объемов лавинных завалов. Прогноз может быть фоновым (составляется службами Госкомгидромета), районным и детальным. Для последних необходимы сведения об устойчивости снежного покрова.

### ***Ледники.***

Наиболее распространенная на поверхности земли горная порода – лед – заключена в ледниках, снежном покрове, морских и подземных льдах. Основная доля, около 99%, приходится на ледники.

Ледник – это масса природного подземного льда преимущественно атмосферного происхождения, обладающая самостоятельным движением. Зарождается ледник выше снеговой границы, где расположена его область питания или

область аккумуляции. Наступая, он выходит за снеговую границу и попадает в область абляции, там он постепенно тает, испаряется или разрушается.

Ледники подразделяются на горные, горно-покровные и покровные. Размеры их колеблются от десятков квадратных метров (каровые ледники Полярного Урала) до миллионов квадратных километров (покровные ледники Антарктиды и Гренландии с толщиной льда более 3-4 км).

Движение ледников направлено на сглаживание рельефа. В нижней части ледника происходит пластическое или вязкопластическое течение льда. В результате трения ледник разрушает горные породы. Образуются V-образные долины – трог, на склонах возникают ледниковые цирки. Остаются шрамы, царапины, борозды, штрихи и т.д. Осадочный материал переносится и откладывается у краев ледника (моренные, или гляциальные отложения) и за его пределами (флювиогляциальные).

Крупные ледниковые покровы оказывают большое влияние на климат планеты и гидрологию Мирового океана. Ледники играют существенную роль в формировании стока рек и являются своеобразным хранилищем пресной воды. В то же время с развитием ледников связаны катастрофические явления, которые необходимо учитывать при освоении горных территорий. Наступая, ледники загромождают долины рек, что приводит к образованию озер, а впоследствии и к отклонению русла. Прорыв таких озер заканчивается наводнениями, приносящими существенный ущерб постройкам, полям, линиям электропередач. Во всех горно-ледниковых районах вероятны ледниковые обвалы. Ледники порождают айсберги, внезапно появляющиеся на судоходных путях. За счет льда, сползающего в океан с Новой Земли, ежегодно образуются до 2-х км<sup>3</sup> айсбергов, Гренландия поставляет до 300 км<sup>3</sup>, а Антарктида около 2000 км<sup>3</sup> айсбергов. В настоящее время на фоне общего потепления происходит сокращение ледников - они отступают.

### ***Районы многолетней мерзлоты.***

Подземный лед распространен в районах многолетней мерзлоты, или криолитозоне. Здесь в течение многих лет, десятилетий и столетий, грунты имеют отрицательную температуру. Криолитозона захватывает почти половину

территории России, Аляску, север Канады, Гренландию, Антарктиду.

В районах развития многолетней мерзлоты происходят определенные геологические процессы. Вода, содержащаяся в порах и трещинах грунта, при замерзании расширяется и вызывает его морозное расклинивание и вспучивание поверхности. При замерзании таликов (участки талых горных пород среди мерзлых) и подземной воды, внедряющейся под напором в толщу мерзлых пород, появляются инъекционные бугры пучения. В результате указанных процессов породы разрушаются и под действием силы тяжести перемещаются по склонам, образуя *каменные глетчеры*, или *курумы*. Протаивающие переувлажненные грунты теряют устойчивость, переходят в вязкопластическое состояние и медленно сползают по ниже залегающему мерзлоте грунту. Такое течение называют *солифлюкцией*.

При сильном охлаждении под воздействием сжатия верхних слоев образуются морозобойные трещины, которые разбивают поверхность на четырех-, пяти-, шестиугольные формы. Заполненные льдом трещины называются жилами. Ежегодное возникновение трещин на одних и тех же местах, увеличение их ширины и глубины, повторное заполнение льдом приводят к формированию повторно-жильных льдов.

Кроме многоугольников на поверхности грунта можно видеть каменные круги, полосы, гирлянды и другие формы.

В результате увеличения температуры и под влиянием деятельности людей (вырубки леса, рытье каналов, строительство и др.) происходит вытаивание подземных льдов и образование провальных форм рельефа (карстовые котловины, озера) и подземных пустот (карстовые пещеры).

### **Воздействие горно-геологического производства на природную среду.**

Горно-геологическое производство, как и любое другое, является источником техногенного загрязнения. В результате геологоразведочных работ и деятельности горнодобывающей промышленности ежегодно из хозяйственного оборота выводятся до 3 млн. га земельных угодий, на разбавление промышленных отходов расходуется до 15% речного стока, складировается в отвалы более 90 млрд. т различных отходов. Так, в Подмосковье при добыче полезных ископаемых нарушено более 82 тыс. га, из которых рекультивировано

только около 3% земель (А.Н.Клюквин, 1994). Хвостохранилище Стойленского ГОКа постоянно загрязняет реки Чуфичка и Оскол. Мощность техногенных отложений Старооскольского железорудного района сравнима с результатами природной деятельности. Отвалы СГОКа образуют искусственный геологический горизонт со средней мощностью отложений в 55-60 м. Из-за понижения уровня грунтовых вод снизился урожай сельскохозяйственных культур.

Существуют различные источники нарушения и загрязнения природной среды.

1. Использование транспортных средств, проходка горных выработок, устройство промплощадок под буровые и другие геологоразведочные работы нарушают почвенно-растительный слой и рельеф местности.
2. Производство карьеров или разрезов, накопление отвалов горных пород. Глубина карьера на алмазонасной трубке «Удачная» на севере Якутии превышает 500 м, нагромождение отвалов достигает высоты 80 м. В результате изменен рельеф, геодинамика литосферы; нарушен почвенно-растительный слой, режим криолитозоны.
3. Шахты и другие подземные выработки изменяют структуру, геодинамический и гидродинамический режимы литосферы и гидросферы.
4. Разработка россыпных месторождений приводит к нарушению почвенно-растительного слоя; перемещению огромных объемов горной массы, образованию многочисленных отвалов; изменению линии водотоков, загрязнению их мутьевыми потоками.
5. Освоение месторождений горючих ископаемых сопряжено с горными ударами, взрывами газопылевых смесей, обрушением пластов, изменением гидрогеологического режима, накоплением большого количества терриконов, загрязнением водотоков и подземных вод, изменением термического режима криолитозоны, горением отвалов.
6. В районах организации геологоразведки и добычи газа и нефти применяются мощные транспортные средства, буровые работы, испытания глубоких скважин, проводка и функционирование нефтегазопроводов, создание искусственных водохранилищ и т.п. Проходка глубоких скважин влияет на равновесие состояния физических полей литосферы, на режим подземной гидросферы. Сооружение

морских платформ, подводных трубопроводов отражаются на характере гидродинамического режима водного бассейна и его береговых процессах. По данным ГРИНПИС только в России ежедневно на поверхность Земли выливается около 30 млн. тонн нефти, в водные объекты ежегодно поступает около 3 млрд. тонн нефти и нефтепродуктов, в результате чего поражаются обширные площади лесов и пастбищ, вымирают некоторые виды растений, происходят генетические изменения рыб и т.д. (Н.М.Давиденко, 1998).

Таким образом, горно-геологическое производство оказывает огромное негативное влияние на компоненты геологической среды, атмосферу и биоту.

Нарушение и загрязнение геологической среды:

- перераспределение водотоков, изменение их эрозионно-химической активности, загрязнение поверхностных вод, их частичное засоление и подкисление;
- изменение гидрогеологического режима, истощение ресурсов и загрязнение подземных вод;
- изменение естественных физических полей (тепловых, полей напряжения и др.);
- вывод из оборота значительных земельных ресурсов в результате размещения отходов и в процессе химического разрушения почв, снижение их продуктивности;
- деформация горных пород и изменение их обводненности, загрязнение недр;
- нарушение рельефа местности;
- активизация естественных геологических процессов и возникновение новых инженерно-геологических явлений (карст, техногенная сейсмичность и т.д.), происходящих при извлечении из недр твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

Загрязнение атмосферы происходит за счет выбросов твердых (пыль, зола, сажа, соединения свинца и др.), газообразных (сернистый ангидрид, сероводород, метан, оксиды азота и углерода, углеводороды) и жидких веществ. Выбросы приводят к потере прозрачности воздуха, его запыленности и загазованности, подкислению дождевых осадков, изменению проницаемости солнечной и отраженной радиации, нарушению температурного режима и изменению климата.

Практически всякое промышленное производство ведет к ухудшению условий обитания растительности и животных. При горно-геологических работах в результате вырубки лесов, сведения трав, нарушения почв с потерей почвенных организмов, изменения состояния водной и воздушной среды, запыленности и загазованности, шумности происходит сокращение численности и разнообразия фауны, исчезновение дикорастущих видов растений, снижение продуктивности и урожайности, уменьшение воспроизводства продуктов жизнедеятельности.

Общество на современном этапе не может развиваться без использования металлов, строительных материалов, нефти, угля и газа. Непрерывно растет спрос на полезные ископаемые, добыча которых ведет к истощению ресурсов, нарушению и загрязнению природной среды. Следовательно, необходимо решать две неразрывно связанные между собой проблемы – *рациональное использование ресурсов и охрана природной среды*:

- Постоянно совершенствовать технологии добычи и переработки полезных ископаемых, сокращать потери при транспортировке и переработке, использовать попутно добываемое сырье и отходы переработки. Ковдорское месторождение первые 15 лет разрабатывалось как железорудное, и только потом там стали добывать апатиты и редкие металлы. За это время в отходы ушли тысячи тонн ценных минералов. При добыче апатитовых руд в отвалы сбрасываются миллионы тонн нефелина, сфена, титаномагнетита и т.д., из которых можно получить алюминий, соду, цемент, титан, редкие земли, ванадий, железо. На содержание отвалов расходуются большие средства, вместе с тем концентрации вредных элементов в отвалах отрицательно действуют на окружающую среду (В.Ф. Барабанов, 1994).
- Разрабатывать месторождения тем способом, который наносит наименьший вред окружающей среде. Открытая разработка месторождений, например, является экономически выгодным методом добычи, строительство карьеров ускоряет работы в 2-3 раза по сравнению с возведением шахт. Однако происходит уничтожение растительности, осушение водоемов, отвод рек и т.д. Подземная добыча меньше влияет на природные ландшафты, но извлечение из недр большого количества горной массы приводит к проседанию и провалам

поверхности. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс факторов, определяющих геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические условия, а также уровень современной технологии, обеспечивающий минимальный вред окружающей среде.

- Учитывать оценку устойчивости природной среды, ее самоочищающие и самовосстанавливающие способности. Степень устойчивости зависит от биологической продуктивности почвенно-растительных комплексов, динамики растительного покрова, микробиологической активности, литологии и состава почв и грунтов, характера рельефа, условий увлажнения, температуры, уровня естественной радиации. Крайне неустойчивыми к техногенному воздействию являются районы вечной мерзлоты.
- Проводить мероприятия по защите природной среды – предохранительные и восстановительные: выполнение правил ведения геолого-геофизических, буровых, горнопроходческих работ, предотвращающих загрязнение почв и водоносных горизонтов, установка водогазоочистных систем, применение оборудования для снижения шума, очистка шахтных и сточных вод, выбор оптимальных углов карьерных откосов, складирование вскрышных пород и отходов производства на уже нарушенных землях, утилизация вскрышных пород, отходов, отработанных буровых растворов, противоэрозионная защита нарушенных земель, рекультивация земель, сбор пролитой и плавающей нефти и ее утилизация и т.д.

### **Геологическая среда и климат.**

Любое существенное антропогенное влияние на атмосферу Земли приводит к изменению ее состояния, последнее же может явиться причиной колебания климата.

На протяжении существования Земли глобальный климат неоднократно менялся. Холодные ледниковые периоды разделялись более теплыми межледниковыми. Потепление и похолодание климата происходит с периодичностью около 100 000 лет. Существуют и более короткие периоды. Со второй половины XIX века климат постепенно теплел. Рост температуры в среднем по полушарию составил  $0,5^{\circ}$  за 100

лет (М.И.Будыко и др., 1986). В начале XX века наблюдалось похолодание. В середине столетия – снова потепление, а с 1965 г. начался рост ледников с похолоданием климата.

Климат определяется следующими факторами:

1. Астрономическими: излучение Солнца, положение и движение Земли в Солнечной системе, наклон ее оси вращения к плоскости орбиты и скорость вращения.
2. Геофизическими: размеры и масса Земли, скорость ее вращения вокруг оси, собственное гравитационное и магнитное поля, внутренние источники тепла, распределение континентов и океанов, рельеф суши и дна, состав атмосферы, масса и состав океана.
3. Антропогенными: возрастание выброса углекислого газа, увеличение в атмосфере малых примесей, таких как фреоны, окислы азота и др. газы.

Водяной пар, углекислый газ и малые примеси (метан, закись азота, тропосферный озон, фреоны), содержащиеся в атмосфере, создают *парниковый эффект* и обеспечивают наличие определенной температуры поверхности Земли.

На изменение состава атмосферы влияют как геологические процессы, например вулканизм, так и техногенная деятельность человека. После вулканических извержений атмосфера характеризуется повышенным содержанием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , а также значительной замутненностью аэрозолями.

Атмосферные аэрозоли подразделяются на стратосферные и тропосферные. Стратосферные – капли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и частицы  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  образуют постоянный слой 18-25 км. Тропосферные – частицы, попадающие с поверхности материка, например, пыль, и частицы солей с поверхности океанов. Тропосферные аэрозоли быстро удаляются из атмосферы облаками и осадками, а стратосферные влияют на поля радиации и климат.

Наиболее существенное действие вулканический аэрозоль оказывает на радиационный режим стратосферы. Ослабляя солнечную радиацию, он вызывает похолодание у поверхности, но в то же время потепление нижней стратосферы. После извержения вулкана Тамбора в Индонезии в 1815 году наблюдался «год без Солнца», а понижение температуры летом в Новой Англии и Западной Европе достигало  $1-2,5^\circ$ . Но влияние отдельных крупных извержений на климат не может быть продолжительным.

Большая опасность возникает из-за возрастающего выброса углекислого газа, образованного при сжигании ископаемого топлива, из-за уничтожения лесов, распашки земель, сжигании древесины и т.д. Источником стратосферного аэрозоля является и карбонил сульфид  $\text{OCS}$  – продукт сжигания топлива, почти не удаляемый в тропосфере. Увеличение малых примесей в атмосфере: фреонов, окислов азота, метана, озона, сернистого и некоторых других газов приводят к усилению парникового эффекта, т.е. изменению климата в сторону потепления.

В результате общего потепления возможно таяние ледников, повышение уровня вод Мирового океана, затопление прибрежных районов. Деградация многолетней мерзлоты в Сибири ведет к проседанию земли, деформации построек и трубопроводов.

*Озоновый слой*, максимальная концентрация которого наблюдается на высоте 18-30 км от поверхности Земли, поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца. Уменьшение содержания озона наблюдается над Антарктидой, Арктикой, Европой. Разложение озона происходит за счет окислов азота (ядерные взрывы, продукты сгорания топлива реактивных двигателей и сверхзвуковых самолетов и т.д.), хлора и его окислов, возникающих при фотоллизе фреонов.

Снижение плотности озонового слоя влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животноводства, биологическую активность Мирового океана. Повышенное содержание ультрафиолетового излучения приводит к мутагенным процессам растений, бактерий, насекомых и животных, способствует росту заболевания людей раком кожи и общему ухудшению состояния здоровья.

Проблема антропогенного загрязнения окружающей среды давно приобрела глобальный характер. Международные организации, такие как ООН, СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды), МСОП (международный союз охраны природы) и другие, осуществляют научные исследования, связанные с защитой планеты и околоземного космического пространства. Беречь планету, сохранять ее в чистоте – значит сохранять жизнь на Земле.

## Список литературы

1. «Аварии и катастрофы. Предупреждения и ликвидация последствий». Учебное пособие. М., 1995.
2. Алексеев Н.А. «Стихийные явления в природе». М., 1988.
3. Алексеенко В.А. «Экологическая геохимия». Учебное пособие. Кубань, КГТУ, 1997.
4. Н.К.Андросова, Г.И.Верес. Экологическая геология и минералогия. Рабочая программа, методические указания и задания на контрольную и курсовую работы. М., МГОУ, 1998.
5. Н.К.Андросова. Геоэкологическое картирование. Рабочая программа, методические указания и задания на контрольные и курсовую работы. М., МГОУ, 1999.
6. «Вулканы и тектоника литосферных плит». М., МГУ, 1996.
7. Кондратьев К.Я. «Глобальный климат». С-Пб: Наука, С-Петербургское отделение, 1992.
8. Королев В.А. «Мониторинг геологической среды». Учебник для вузов. М., МГУ, 1995.
9. Миллер Т. «Жизнь в окружающей среде». Учебник. Пер. с англ. М., «Прогресс», 1993.
10. Мирошников Л.Д. «Человек в мире геологических стихий». Л., Недра, 1989.
11. Мягков С.М. «Природные опасности и стихийные бедствия». М., 1992.
12. Основы геоэкологии. Учебник для вузов. С-Пб.: СПУ, 1994.
13. Переведенцов Ю.П. «Климат, энергия и экология». Учебное пособие. Казань. Изд-во Казанского университета, 1996.

## Оглавление

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ. ....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>ЗЕМНАЯ КОРА И ЭКОЛОГИЯ. ....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>РАЗРУШИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЭНДОГЕННЫХ<br/>ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭКЗОГЕННЫХ<br/>ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ.....</b>           | <b>18</b> |
| <b>ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО<br/>ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ.....</b> | <b>35</b> |
| <b>ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА И КЛИМАТ. ....</b>  | <b>39</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>   | <b>42</b> |