

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОГЕНЕ

Член-корр. АН АрмССР, профессор, докт. техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН¹

Реферат. С начала голоцена в результате перехода от присвоения пищи к ее производству деятельность человека усилилась и становится все более интенсивной; она должна быть выделена из общей группы «деятельность организмов» и рассматриваться как самостоятельный геологический агент, во всевозрастающей степени влияющий на протекание многих экзогенных и некоторых эндогенных процессов. Сравняется ход протекания этих процессов в течение всего протерозоя и фанерозоя (около 2,5 млрд. лет) с тем, что происходит в природе за последние 10 тыс. лет. Лик земной поверхности быстро изменяется. Это позволяет утверждать о переходе от четвертичного, или антропогенного, периода к пятеричному, или техногенному, который начался в голоцене и наступит полностью в течение ближайшего тысячелетия.

ЧЕЛОВЕК ВОСПРОИЗВОДИТ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Техническая деятельность человека сделалась мощным геологическим фактором, во всевозрастающей степени оказывающим влияние на геологическую среду. Это влияние стало проявляться в начале голоцена, усилилось за последние века и сделалось вполне заметным в наши дни. Научно-техническая литература последних лет дает огромную информацию о масштабах изменения окружающей среды, вызванного технической деятельностью, об ускорении темпов этих изменений и связанных с ними отдаленных последствиях, вызывающих тревогу.

Эти изменения важны не только в биологическом, экологическом, экономическом или социальном отношениях, но приобретают также геологическое значение. Для выяснения этого вопроса рассмотрим разнообразные природные, в том числе геологические, процессы и вызванные ими явления и сравним их с результатами уподобляющейся им технической деятельности человека. Для удобства рассмотрения они сведены в схему, представленную в таблице (стр. 30).

Разнообразные природные факторы, действующие на земную кору, и вызываемые ими процессы показаны в левой части таблицы. Процессы подразделяются на *экзогенные*, вызванные действием внешних причин, в основном достигающим земной поверхности электромагнитным излучением Солнца, гравитационным воздействием Луны и Солнца и метеоритов, и *эндогенные*, вызванные действием внутренних причин, в основном внутренним теплом Земли, гравитацией и радиоактивным распадом.

В настоящей работе рассматриваются лишь те геологические явления, подобные которым могут быть воспроизведены человеком. Поэтому приводимый перечень геологических явлений не претендует на полноту. Тем не менее, он достаточно обширен.

¹ Зав. Лабораторией геомеханики ИГМС АН АрмССР,

сбораживания (вспашка, лушение) и рыхления (боронование, культивация) происходит изменение облика почв и нарушается их механическая прочность; поэтому они существенно отличаются от целинных земель, покрытых естественной растительностью и устойчивых к ветровой эрозии.

Акад. А. В. Сидоренко (1982) пишет, что «если в настоящее время к разряду культурных земель планеты можно отнести 1,4 млрд. га, то к категории разрушенных земель—1,1 млрд. га, причем основные потери приходится на последние 100—150 лет. В мире насчитывается 300 млн. га уничтоженных пастбищ и лугов и 50 млн. га загубленной пашни; 500—700 млн. га пашни находится на грани истощения. Этот губительный для человечества процесс продолжает свое развитие. По имеющимся подсчетам, неиспользуемых потенциальных земель, возможных для сельскохозяйственного производства, на нашей планете осталось не более 0,5—0,9 млрд. га».

Человек оказывает большое влияние на почвообразовательные процессы. Особое значение имеет увеличение содержания тяжелых металлов. В районах древнего земледелия почвы существенно изменились, и их облик имеет мало общего с целинными землями, где почвообразование происходит в естественных условиях. Под влиянием пестицидов меняется почва, ее животный мир. В качестве пестицидов применяются достаточно эффективные химические соединения, оказывающие широкое поражающее действие на микробов (почвенные микроорганизмы) и на весь животный мир почв (на микрофауну—мельчайших нематодов; на микрофауну—клещей, ногохвосток и др.; на мезофауну—дождевых червей, многоножек и др. и на макрофауну—роющих позвоночных, как, например, кротов). Человек учитывает главным образом ближайший эффект, несомненно положительный, хотя отдаленный эффект в отношении некоторых из них может оказаться отрицательным; как известно, по этой причине пришлось отказаться от нашумевшего в свое время ДДТ.

Речная эрозия

В природных условиях работа текучей воды создает водноэрозийные и водноаккумулятивные формы рельефа, вызывает донную и боковую эрозию, вырабатывает продольный и поперечный профили равновесия; ее деятельность определяется положением базиса эрозии и зависит от количества воды и переносимого твердого стока. Закономерности развития речных долин хорошо изучены и дают возможность геологам восстанавливать палеогеографические условия. Так, если омоложение рельефа происходит при поэтапном понижении базиса эрозии, то последовательно образующиеся боковые наложенные аллювиальные террасы располагаются по вертикали веерообразно, расходясь вниз по течению реки; если же омоложение рельефа происходит при региональном поднятии горной страны, то последовательные боковые террасы веерообразно расходятся по вертикали вверх по течению. При техногенном воздействии некоторые закономерности изменяются, иногда довольно существенно. Это можно видеть из следующего сопоставления.

В природных условиях в верховьях рек происходят эрозия и снос обломочного материала, который, постепенно перемещаясь, достигает моря—основного базиса эрозии. *В техногенных условиях* при строительстве плотин гидроэлектростанций в горах образуются местные базисы эрозии для вышерасположенных участков гидрографической сети; донная эрозия прекращается, начинается накопление обломочного мате-

риала, и поступление его к морю сокращается или даже прекращается.

В природных условиях в горных странах при ступенчатом продольном профиле речной долины, состоящем из почти горизонтальных и крутых участков, на первых откладывается несомый рекой твердый обломочный материал, а на крутых участках разгруженная о наносов река производит интенсивный донный размыв, образуя глубокий врез—ущелье; при продолжающейся глубинной эрозии увеличивается падение в примыкающих к ним с верховой стороны частях горизонтальных участков; постепенно процесс распространяется на все течение реки и вырабатывается продольный профиль равновесия. *В техногенных условиях*, при строительстве каскада гидроэлектростанций, при таком же ступенчатом продольном профиле долины для уменьшения высоты плотин их сооружают в начале ущелья, а почти горизонтальные участки отводят под чаши водохранилищ. Отстоявшаяся в них вода по деривации передается гидроэлектростанциям, и донная эрозия в ущельях прекращается. Постепенно водохранилища заносятся твердым материалом и заиливаются. После заиливания водохранилища для обеспечения его полезной емкости иногда необходимо наращивать плотины. В результате продольный профиль речной долины не вырабатывается, ее ступенчатость сохраняется и даже усиливается вследствие выполаживания почти горизонтальных участков.

В природных условиях эрозийная деятельность равнинных рек на участках пересечения с выходами скальных пород замедляется и образуются быстрины, пороги и водопады, тогда как на нижележащих участках река легче врезается в податливые породы и быстрее вырабатывается продольный профиль реки. В дальнейшем на порожистых участках донная эрозия продолжается и вырабатывается продольный профиль равновесия долины, а ниже по течению на спокойных участках донная эрозия прекращается, происходит боковая эрозия и река вырабатывает поперечный профиль долины. *В техногенных условиях* в равнинных странах для улучшения судоходства и получения электроэнергии в конце порожистых участков сооружаются высокие плотины с огромными водохранилищами, которые полностью затопляют пороги (Днепроовская и Волжская гидроэлектростанции). Донная эрозия на порожистых участках прекращается, происходит интенсивная переработка берегов водохранилища, сопровождаемая многочисленными оползнями берегов. «Переработка берегов искусственных водохранилищ происходит более интенсивно, чем природных водоемов. О возможной интенсивности переработки берегов в созданных водохранилищах можно судить на примере Красноярского водохранилища. В пределах пятой террасы Енисея, сложенной лёссами и мелкими песками, объем переработки за 8 лет (1967—75 гг.) составил 15 000 м³ на погонный метр берега» (Сергеев, 1979). Естественно, что вся географическая обстановка быстро и резко изменяется.

В природных условиях после выработки продольного профиля равновесия донная эрозия прекращается, а избыточная энергия реки расходуется на разработку поперечного профиля долины—боковую эрозию, размыв берегов, транспорт наносов; последняя стадия—мелиорирование. *В техногенных условиях* ведется борьба с разрушительным действием рек и вызываемыми ими оползнями, возводятся берегоукрепительные и защитные сооружения; из соображений удобства судоходства реки выпрямляются и проводятся дноуглубительные работы. Разработка поперечного профиля прекращается, а избыточная энергия рек расходуется на увеличение скорости течения. Существует даже система взглядов, рассматривающих взаимодействие инженер-

ных сооружений с тектоникой и естественными формами рельефа, их включение в окружающую среду, и ставится проблема антропогенного литогенеза (Белый, Чернышев, 1979).

В природных условиях при различной высоте базиса эрозии или различной горизонтальной удаленности от базиса эрозии соседних рек происходит перехват или обезглавливание рек; этот процесс сопровождается перемещением водораздела. Хорошие примеры—Чилийские Анды и Патагонская Кордильера, где реки тихоокеанского склона перехватывают реки восточного склона, или Гималаи, где реки южного склона перехватывают реки тибетского склона. В результате главные вершины оказываются не на водоразделе, а на более размываемых склонах главного хребта (Шукин, 1964). Этот процесс длится тысячелетиями, причем вода всегда течет только вниз, безразлично, по своему или чужому руслу. В техногенных условиях при составлении схем использования гидроэнергии часто оказывается более выгодным сбрасывать воду не в ту же реку, а в соседнюю, гипсометрически ниже расположенную, и таким образом использовать не падение реки в пределах деривации, а разность отметок по отношению к соседней реке. Вопрос о обезглавливании рек потерял свою остроту, так как всегда возможно изучить тенденции развития реки и предотвратить нежелательный перехват или обезглавливание возведением соответствующих сооружений.

В последние годы нас терроризировали грандиозные проекты переброски стока рек в другие бассейны, как, например, переброска части стока некоторых северных рек, впадающих в Белое море или Северный Ледовитый океан, в Каспийское или Азовское моря. В случае его осуществления весь этот процесс преобразования гидрографической сети мог бы занять считанные годы, причем вовсе не обязательно, чтобы вода в новом русле текла в том же направлении, что и раньше. Так, предполагалось, что часть стока р. Оби будет забираться у Ханты-Мансийска на отметке 18 м, идти по руслу Иртыша, Тобола и Убагана вверх по течению на расстояние свыше тысячи километров и попадать таким образом в Тургайскую долину с отметками около 200 м. Одним из сопутствующих результатов переброски стока р. Оби была бы активизация эрозионных процессов в районе озер Тениз-Урицкий, Куюкколь и Тургай и активизация оползней на ряде участков проектируемого канала между г. Курганом и устьем р. Убаган и др. (Кюнцель и др., 1979). Вообще Тургайский участок канала отличается интенсивным плоскостным смывом (Графский и др., 1982). Отмечается также возможное проявление термокарста, пучения и термоэрозии (Баулин, Чернышев, 1979). Между тем, анализ изменения гидрогеологической обстановки Западной Сибири по обоим вариантам переброски, предусматривающим ее объем равным 25 и 60 км³/год, показал резкое изменение гидрогеологических особенностей территории, что приведет к усилению заболачиваемости, сильному увеличению протяженности абразивной переработки берегов, по которым будут протекать оползневые процессы, в частности, на правобережье Иртыша, где располагаются дренированные, наиболее благоприятные по инженерно-геологическим условиям районы; многие из этих изменений носили бы необратимый характер (Сергеев и др., 1979). На северном участке трассы Тобольско-Тургайского отрезка трассы главного канала наибольшую опасность представляют подтопление, затопление, заболачивание и оплывание береговых откосов, а на южном участке—деформации береговых откосов и дна канала в результате снижения прочности связных грунтов (Графский и др., 1982).

др., 1980). Решением Правительства этот губительный проект отменен.

Технически правильным решением будет переброска стока р. Оби не открытым каналом или руслом, а трубопроводом. Переброска 60 км^3 в год или около 2000 м^3 в секунду на расстояние свыше тысячи километров в сложных условиях (вечная мерзлота, суровые зимы, заболоченность трассы)—дело нешуточное, и в настоящее время такое решение нереально. На наш взгляд, вопрос должен быть отложен до тех пор, пока технико-экономическая обстановка не позволит осуществить трубопровод, не нарушающий природной обстановки Западной Сибири.

Показателем скорости денудации является денудационный метр— время в тысячелетиях, в течение которого поверхность бассейна реки под влиянием совокупности действий денудационных процессов понижается на один метр. В природных условиях величина денудационного метра колеблется от 2,4 тыс. лет (река По) до 98,4 тыс. лет (река Ла Плата), причем это понижение происходит более или менее равномерно. В техногенных условиях изменение уровня земной поверхности на один метр может произойти в течение нескольких лет, причем оно совершается в высшей степени неравномерно и в обоих направлениях, т. е. имеет место как понижение, так и повышение уровня поверхности. Так, в районах подземных горных выработок образуются высокие конусообразные терриконники и происходит общее опускание местности под действием сдвижения горных пород над выработками; в районах открытых горных работ создаются глубокие карьеры для выемки вскрыши и полезного ископаемого и отсыпаются отвалы.

Все большая часть речного стока используется человеком в своих нуждах. Весь речной сток составляет $37,3 \text{ тыс. км}^3$. В наши дни, при населении Земли, составляющем 5 млрд. человек, на разные виды потребления используется $18,7 \text{ тыс. км}^3$, т. е. около половины, считая, что вода используется всего один раз. В действительности часть воды используется повторно, поэтому реально используемая человеком доля воды в настоящее время меньше. Несомненно, однако, что в будущем почти весь речной сток будет полностью использован и, вероятно, не один раз. Поэтому эрозионная деятельность рек будет сильно сокращена и сохранится, по-видимому, только в верховьях рек.

Абразия и положение береговой линии

Абразия представляет собой геологический процесс разрушения берегов морей и озер под действием прибои и волн; постепенно вырабатывается приуроченная к уровню среднего сизигийного прилива моря или средней линии уреза в бесприливном бассейне более или менее широкая и пологая абразионная терраса, на которой гасится энергия волн, и дальнейшее развитие террасы прекращается. Обломки пород коренного берега истираются и округляются, постепенно превращаясь в гальку, гравий и наконец песок. В этом процессе участвует и каменный материал, приносимый реками и переносимый далее вдольбереговыми течениями. По мере выработки абразионной террасы устанавливается положение береговой линии. Продукты разрушения складываются дифференцированно, более мелкие (ил, глина) уносятся в сторону моря и откладываются в спокойных условиях, а средние по величине (галька, гравий, песок) располагаются ближе к берегу, продолжают разрушаться и одновременно служат защитой морского дна от разрушения волнами. Для строительства интерес представ-

ляют средние фракции, и они отбираются в огромных количествах; так, в Одесской области морские пески обеспечивают 90% потребления, и стоимость их гораздо ниже стоимости материковых песков (Розовский, 1979). Неконтролируемый чрезмерный отбор средней фракции приводит к усилению абразии, обрушению берегов и оползням.

В техногенных условиях многие участки берегов морей и озер защищаются от разрушительного действия волн. В районах портов возводятся оградительные (молы, волноломы) и причальные (пирсы, набережные) сооружения, прорываются морские каналы; нередко портовыми сооружениями нарушаются пути вдольберегового движения наносов, вследствие чего на одной стороне сооружений накапливаются мощные отложения гальки, а на другой стороне берег обнажается и подвергается усиленной абразии (пример—Сочи); абразия усиливается и при чрезмерном отборе инертных материалов—гальки и песка пляжей для приготовления бетона. Хорошо известным примером вызванного деятельностью человека разрушения берега является курорт Пицунда на Черном море, где из-за неудачного расположения в береговой зоне отдельных зданий и сооружений в 1969—1972 гг. был размыт пляж, разрушена набережная и повреждены сооружения (Квирквелия, 1980). Для Поти была очень наглядно показана связь между строительством портовых сооружений и изменением береговой линии (Варазашвили, 1983).

В курортных зонах широко применяются берегоукрепительные сооружения для сохранения, создания или расширения пляжей (буны, волноломы, волноотбойные стенки, бетонные блоки, наброска из крупных камней или фигурных монолитов—железобетонных тетраподов). Европейское побережье Средиземного моря, Атлантическое побережье Северной Америки и многие участки других побережий в значительной степени защищены от абразии благодаря технической деятельности человека. На восточном побережье Англии, в заливе Уош, с римского времени было отвоевано у моря почти 200 км² земли (Леггет, 1976). В Нидерландах и северо-западной Германии расположенные ниже уровня моря низменные пространства—марши защищены дамбами и плотинами и осушаются системой каналов и канав; осуществляется осушение Зейдер-Зее. В Японии производится засыпка Токийского залива. Соответственно изменяется и положение береговой линии. Эта тенденция отвоевания территории на морском шельфе сохранится и в будущем, в особенности в развитых, густонаселенных странах.

С другой стороны, в результате вполне вероятного таяния континентальных ледников Гренландии и Антарктиды и деградации многолетнемерзлых грунтов Западной Сибири, о чем говорилось выше, произойдет трансгрессия моря, по размерам сопоставимая с крупными трансгрессиями прошлого, но по темпам в тысячи раз более быстрая. В одних случаях на морских берегах будут возводиться крупные гидротехнические сооружения для защиты от затопления и, может быть, отвоевания части шельфа, и поэтому абразия прекратится; в других случаях берега будут затоплены, береговая линия отступит в сторону суши, и начнется размыв рыхлых отложений и абразия коренных пород. В природных условиях трансгрессии происходят очень медленно, и поэтому не только полностью смываются рыхлые отложения, но и коренные породы абрадируются на большую глубину. В техногенных условиях вызванная человеческой деятельностью трансгрессия будет происходить настолько быстро, что не во всех случаях будут смыты рыхлые отложения, и следовательно, под молодыми

морскими отложениями окажутся рыхлые континентальные образования—четвертичные и техногеновые отложения. Все эти явления можно рассценивать как региональные геологические изменения, свойственные техногену.

Особо следует остановиться на абразии берегов внутренних водоемов, в частности искусственных водохранилищ, сооружение которых вызвано как стремлением использовать гидравлическую энергию, так и ощущаемой во всем мире нехваткой воды для целей ирригации, промышленного развития и коммунального хозяйства. «Протяженность берегов искусственных водохранилищ, построенных в Советском Союзе, достигла 33 тыс. км. Можно думать, что сейчас протяженность берегов искусственных водохранилищ, построенных на Земле, во много раз превышает длину земного экватора. На всем этом протяжении идет интенсивная переработка берегов, образуются оползни, происходят процессы засоления и заболачивания» (Сергеев, 1982). Особо важно значение для развития оползней по берегам водохранилищ имеет быстрая сработка уровня воды и вообще нестационарный уровеньный режим (Золотарев, Рагозин, 1979). При устройстве водохранилищ в области распространения многолетнемерзлых пород к абразионному действию волн на переформирование берегов и ложа водохранилища добавляется тепловое разрушение пород; на Хантайском водохранилище отмечается существенное увеличение площади донной поверхности при уровне воды, не достигшем нормального подпорного горизонта («расползание водохранилища»); на мелководных участках наблюдаются зоны наклоненных и падающих деревьев, в связи с пластическими деформациями мерзлых пород при оттаивании (Кроник, Онникенко, 1980).

Абразия берегов искусственных водохранилищ, созданных в равнинных условиях, которую правильнее назвать размывом, происходит в рыхлых отложениях и протекает со скоростями, на два-три порядка превышающими скорость абразии морских берегов, сложенных коренными породами. Все эти вызванные человеческой деятельностью изменения естественного хода абразии представляют собой свойственные техногену явления.

Опускание земной поверхности

В природных условиях опускание земной поверхности над пустотами, образовавшимися в земной коре, представляет собой сравнительно редкое явление, происходящее в карстовых областях («поля»). В техногенных условиях вертикальные деформации земной поверхности очень распространены при подземной разработке полезных ископаемых; это оседание при извлечении воды, нефти и газа и достигающее дневной поверхности сдвигание горных пород над выработанным пространством при добыче угля и руд. Шельфовая зона также вовлекается человеком в сферу технической деятельности; так, в Азербайджане в настоящее время добыча нефти в море составляет $\frac{2}{3}$ и добыча газа $\frac{9}{10}$ по отношению к общей добыче (Сулейманов и др., 1979).

Общее количество воды, извлекаемой из недр Земли, достигает 20 тыс. км³; значительные оседания земной поверхности происходят в Калифорнии (более 2 м), Мексике (в гор. Мехико более 6 м), Западной Германии, Японии и др. При крупных водопонижительных работах в обводненных карстовых областях, как, например, в Кизеловском угольном бассейне, понижение уровня подземных вод вызывает

оживление карстового процесса. Вследствие добычи нефти отдельные участки Апшеронского полуострова за последние полвека опустились на 2,5 м, а максимальные скорости опускания достигли 100 мм/год. В Западной Сибири по расчетам «оседание поверхности ожидается в несколько метров. Поскольку уровень грунтовых вод на большинстве месторождений находится на глубинах 0,3—1,5 м, то локальное понижение поверхности вызовет соответствующее повышение зеркала грунтовых вод и увеличение заболоченности и заозеренности. Это, в свою очередь, обусловит изменение не только гидросферы, но и биосферы, а также приведет к изменению микроклиматических условий» (Сергеев, 1979).

Сдвигание горных пород при выработке подземного пространства происходит в большинстве горнопромышленных районов мира и вызывает оседание земной поверхности, сопровождаемое разрушением сооружений; так, в Донбассе и Подмосковном угольном бассейне проседание над горными выработками превысило 2 м (Гофштейн, 1970).

Образование техногенных отложений

Образовавшиеся на Земле в течение огромного промежутка времени—всего фанерозоя, протерозоя и части архея осадочные породы после консолидации практически представляли собой один и тот же набор—глины, пески, вулканогенный материал, известняки, диатомиты, угли, соли и др. Отличить кембрийские глины от миоценовых или ордовикские известняки от юрских в ряде случаев можно только на основании таких, в сущности, второстепенных признаков, как вид фауны.

Техногенные отложения резко отличаются от них своим значительно большим разнообразием. Они характеризуются четко выраженными особенностями и представляют собой такой же самостоятельный генетический вид, как, например, аллювиальные или вулканические. Техногенные отложения различаются условиями образования (пахотные земли, насыпи, мусор, промышленные отходы и др.) и вещественным составом (терригенные, хемогенные, органогенные отложения, органо-минеральные смеси и др.), не зависят от внешней обстановки (местонахождения материнских пород, гипсометрического положения, климата, тектоники, условий осадконакопления и др.), содержат искусственные горные породы (кирпич и кирпичную кладку, бетон и железобетон, металлы, пластмассы, резину, асфальтобетон, стекло, золу, шлаки и др.) (Чемяков, 1982).

В процессе строительства грунты подвергаются разнообразным изменениям. На месте естественного залегания они закрепляются различными методами—обезвоживанием, уплотнением и упрочнением. Обезвоживание производится путем дренирования, вакуумного дренирования, электродренирования и устройства песчаных дрен. Уплотнение производится путем гидровиброуплотнения, замачивания, трамбования, укатки, применения взрывов, глинизацией и тампонированием инъекционных растворов. Упрочнение осуществляется закреплением суспензионными, эмульсионными и химическими растворами, термическим и электрохимическим закреплением или замораживанием. Для улучшения грунтовых материалов вводятся заполнители (пылеватые и глинистые фракции) и скелетные добавки (гравийные и песчаные фракции); широко применяются агрегация и диспергация портландцементом, известью, солями, гидрофобизация поверхностно-активными веществами, цементационными, битумно-глинистыми, силикат-

но-глинистыми и полимер-глинистыми смесями, укрепление битумом, синтетическими и природными смолами, силикатом натрия и др. С. Д. Воронкевич (1980) отмечает, что инженерно-хозяйственная деятельность человека и его химическое воздействие на геологическую среду формирует в верхних горизонтах литосферы техногенно-геохимические системы—области, в которых горные породы приобретают отличия от первоначальных физико-механические и фильтрационные свойства: это зачастую является причиной изменения напряженного состояния, гидродинамического и температурного режимов. Такие изменения можно уподобить техногенному катагенезу, происходящему в верхней зоне литосферы.

Своеобразные условия осадконакопления позволяют усматривать в малом масштабе аналогию между постепенным изменением свойств материала в намывных грунтах гидроотвалов и хвостохранилищах и природными фациальными отличиями отложений в водных условиях (Белый, Чернышев, 1979; Зянгигов, Черняк, 1979; Соколов, Лапочкин, 1979). На многих крупных теплоэлектростанциях зола удаляется в виде пульпы, которая выпускается в золоотстойники. Для этого в понижениях рельефа сооружаются плотины высотой в десятки метров, и образуются отстойные пруды площадью, измеряемой десятками гектаров.

В СССР ежегодно образуется около 70 млн. т шлака, из которых около 30 млн. т выливается в отвалы вблизи заводов (Довгопол, 1978). В настоящее время в отвалах скопилось свыше полумиллиарда тонн шлаковых отходов. По своему объему металлургические шлаки во всем мире занимают второе место после отходов горнодобывающей промышленности.

Техногенные отложения городов образуют искусственные группы, объединяемые в три основные группы, резко отличающиеся по своему составу, строению и свойствам: измененные грунты естественного происхождения, свалки твердых бытовых отходов и отвалы промышленного производства (Зянгигов и др., 1980). Свалки твердых бытовых отходов, которые отличаются высокой и неравномерной сжимаемостью, часто используются впоследствии как строительные площадки (Sower, 1973). Характеристика некоторых типов техногенных грунтов дается Ю. М. Лычко (1983).

ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Эндогенные процессы, происходящие в недрах Земли, возникают под действием внутреннего тепла, вызванного главным образом радиоактивным распадом и перераспределением материала по плотности, т. е. гравитационной дифференциацией. Все эндогенные процессы отличаются высокой концентрацией энергии, существенно превышающей энергетические возможности человечества, и человек их не может воспроизводить. Однако применяя соответствующую технологию или целесообразно направляя триггерное действие, человек может достичь эффектов, уподобляющихся по своим результатам природным эндогенным процессам. Таких процессов немного, но в одном из них человек достиг значительных успехов, существенно превывсив не только в количественном отношении, но и по темпам естественный ход процесса в природе. Таким процессом является получение металлов в чистом виде.

В природных условиях металлы обычно встречаются в виде соединений—окислов, сульфатов, хлоридов, карбонатов и др. В самород-

ном виде, т. е. в виде минералов, металлы образуются в результате магматических, главным образом гидротермальных, процессов. Самородные металлы встречаются редко, и далеко не все; они лишь в особых, очень редких случаях образуют крупные скопления.

Количественно самородные металлы в порядке убывания располагаются следующим образом: золото, металлы группы платины, медь, серебро; железо в самородном виде встречается чрезвычайно редко, а алюминий—еще реже, и то в виде крупинки. Помимо основного металла в природных минералах этого типа обнаруживаются и другие металлы, образующие твердые растворы с основным металлом или присутствующие в виде примесей.

Человек стал впервые получать медь из руд около 8 тыс. лет назад в Передней Азии (Южный Иран, Армянское нагорье, Месопотамия). Вся металлургия, играющая такую большую роль в промышленности, представляет собой по существу производство как бы самородных металлов. Наиболее важное место среди них по своему значению и по объему производства занимает железо. Мировое производство чугуна и стали, т. е. искусственного «самородного» железа, измеряется многими сотнями миллионов тонн в год и продолжает увеличиваться. Еще большими темпами возрастает производство искусственного «самородного» алюминия. Его производство в настоящее время измеряется десятками миллионов тонн в год, а «самородных» меди, свинца и цинка—миллионами тонн в год. Металлы в чистом виде применяются редко; обычно они производятся в виде сплавов, образованных двумя или несколькими металлами, а также металлов с неметаллами. Сплавы часто обладают более высокими механическими и физическими свойствами, чем составляющие их металлы (бронза, чугун, сталь, дуралюмин). Имеется огромное разнообразие сплавов, удовлетворяющих различным технологическим требованиям—прочности, ударной вязкости, ковкости, жаропрочности, кислотоупорности и др. Большое значение имеет легирование металлических сплавов, в частности сталей, введением небольших количеств легирующих элементов, как например, никель, хром, марганец, кремний, молибден, вольфрам, титан и др.

Другими примерами воздействия на ход эндогенных процессов является ускорение радиоактивного распада изотопа уран-235 в атомных реакторах и бомбах и ускорение теплопереноса в земной коре путем использования теплового потока в геотермических электростанциях.

Особого внимания заслуживают два наиболее грозных явления природы—сейсмичность и вулканизм.

Техногенные землетрясения вызываются созданием крупных водохранилищ (Николаев, 1972), закачкой жидких отходов в глубокие пористые пласты и подземными ядерными взрывами. Наибольшее число техногенных землетрясений связано с созданием крупных водохранилищ; известно около 30 подобных случаев (Chadwick, 1978). Некоторые из этих землетрясений были очень сильными. Землетрясения после заполнения водохранилищ происходили даже в районах, до того считавшихся сейсмически неактивными; с другой стороны, в ряде случаев устройство водохранилищ в сейсмических районах не вызывало землетрясений. Заполнение водохранилищ стимулирует сейсмические явления по двум причинам: увеличение нагрузки вызывает дополнительные напряжения на небольшой глубине, которые накладываются на существующие и могут достичь величины, достаточной для местных разрывов и смещений; вода, просачивающаяся по трещинам, увели-

чивает поровое давление в горных породах, что ведет к уменьшению эффективных напряжений и, следовательно, сопротивления сдвигу. Совместное действие увеличения напряжений в породах и уменьшения их сопротивления приводит к резким смещениям горных пород, т. е. к землетрясениям (Болт и др., 1978).

Так как землетрясения по существу представляют собой процесс разрядки накапливающихся в течение длительного времени тектонических напряжений, то в принципе возможна борьба с землетрясениями путем закачки воды под давлением в глубокие скважины или производства серии глубоких взрывов, вызываемых в сейсмическом очаге с таким расчетом, чтобы препятствовать чрезмерному накоплению напряжений, способных создать разрушительные землетрясения, и своевременно разряжать сейсмическую область путем ряда слабых толчков. Уже в настоящее время человек располагает возможностью создавать такие толчки. «Мощность крупных ядерных взрывов всего в тысячу раз меньше таких крупнейших землетрясений, как Чилийское (1960 г.) и Аляскинское (1964 г.), мощность которых оценивалась в 10^{25} эрг» (Сергеев, 1982); поскольку от искусственно вызываемых толчков требуется не выделение энергии крупнейших землетрясений, а лишь оказание триггерного действия, то уже в настоящее время можно спровоцировать несильные землетрясения, имеющие целью разрядку накопившихся тектонических напряжений; надо только знать, где и когда они должны быть осуществлены. Понятно, что таким работам должны предшествовать серьезные исследования естественного процесса накопления и разрядки тектонических напряжений, однако решение этой задачи—вопрос только времени.

Вулканическое извержение—несравнимое ни с чем по грозному величию и внушаемому им страху явление природы. Однако человек научился если не устранять вулканические извержения, то по крайней мере их предсказывать (Berberi, Casparini, 1976) и существенно уменьшать ущерб от небольших лавовых потоков. Один из способов—бомбардировка лавовых потоков высоко в горах. Жидкие лавы типа пахоэхоэ обычно текут по трубе под твердой остывшей кровлей. Бомбардировка таких лавовых потоков имеет назначением разбить кровлю, запрудить трубу обломками, вызвать излияние лавы на поверхность и отвести таким образом лаву от фронта потока. Кроме того, сильное взбалтывание жидких лав пахоэхоэ в трубе нарушает газовое равновесие лавы, она превращается в вязкую лаву типа аа, и движение ее может прекратиться. Вязкие лавы типа аа обычно текут по руслам, многократное переполнение которых вызывает образование высоких дамб, вследствие чего поверхность лавы в русле на несколько метров выше окружающей местности. Бомбардировка таких лавовых потоков имеет назначением разрушить дамбу в тех местах, где уровень лавы по отношению к местности высок, и заставить лаву растечься; лавовый поток может замедлиться или даже остановиться. Может оказаться эффективной бомбардировка стенки конуса возле самого жерла, чтобы вынудить жидкую лаву излиться из кратера на окружающую поверхность. Борьба с лавовыми потоками возможна путем устройства искусственных барьеров и даже поливания водой (Болт и др., 1978). Вулканические извержения в ряде случаев сопровождаются лахарами—грязевыми потоками, вызванными прорывом кратерных озер, таянием снега на склонах вулканов, проливными дождями при извержениях и др.; разрабатываются методы предсказания лахаров, защиты от них и определения риска (Neall, 1976).

К числу техногенных эффектов, уподобляемых локальным текто-

ническим движениям, можно отнести влияние крупных горных работ на деформации пород в массиве; такой случай описан для горы Юкс-пор на Кольском полуострове, где в результате несимметричной выемки пород в руднике произошел перекос проложенного под ним туннеля (Марков и др., 1980).

ВНЕЗЕМНЫЕ (КОСМИЧЕСКИЕ) ПРОЦЕССЫ

Человек воспроизводит два природных процесса, которые на Земле никогда не происходили: синтез гелия из водорода и синтез трансурановых элементов. Синтез гелия из водорода в природных условиях происходит в недрах Солнца и других звезд при температурах около $1,5 \cdot 10^7$ °K. В техногенных условиях синтез гелия происходит при получении ядерной энергии, в частности при взрывах водородных бомб; при этом в энергию превращается около 1% участвующего водорода, остальное его количество рассеивается.

Синтез трансурановых элементов в природных условиях происходит при вспышках сверхновых звезд в результате неустойчивости, возникающей на поздних стадиях эволюции очень массивных звезд, при температурах порядка $6 \cdot 10^9$ °K, т. е. примерно в 400 раз более высокой, чем в недрах нашего Солнца. Процесс сопровождается катастрофическим взрывом, превращением гравитационной энергии в тепло и нуклеосинтезом; в этих условиях образуются ядра тяжелее ядра железа, в том числе ядра трансурановых элементов. В нашей системе это произошло около 5 млрд. лет назад, когда имела место вспышка сверхновой—Прото-Солнца, и все образовавшиеся трансурановые элементы подверглись радиоактивному распаду (период полураспада нептуния-237 составляет $2,14 \cdot 10^6$ лет, плутония-244 около $7,5 \cdot 10^6$ лет, остальных—значительно меньше, иногда часы или даже микросекунды, тогда как для урана-238 он составляет $4,51 \cdot 10^9$ лет, а для урана-235— $7,13 \cdot 10^8$ лет). В техногенных условиях плутоний в небольшом количестве получается в атомных реакторах, работающих на медленных нейтронах; для промышленного производства больших количеств плутония, необходимых для атомных и термоядерных бомб, применяются реакторы, работающие на быстрых нейтронах.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

В силу ряда специфических, только ему свойственных особенностей голоцен занимает особое место в истории органической жизни на Земле. Голоцен—период, «поражающий исследователей стремительностью изменения состава фауны, вымиранием форм, динамичностью географического распространения видов и их группировок, а также сложнейшим взаимодействием различных тенденций и факторов формирования фауны» (Паавер, 1965).

Начало голоцена характеризуется общим резким потеплением, наступившим после длительного развития материкового оледенения. Дело, однако, не только в потеплении. Не следует переоценивать значение этого явления, так как в четвертичном периоде до того были неоднократные эпохи аналогичных смен климата при переходе от оледенений к интерстадиалам, но таких изменений органической жизни, как в голоцене, не наблюдалось. Несущественная роль потепления климата подтверждается и тем обстоятельством, что эти климатические изменения касаются главным образом северных и умеренных широт, тогда как в голоцене произошли не менее важные изменения ор-

органической жизни в Северной Африке, где действие оледенения сказывалось значительно слабее. Правильно понять эти особенности можно только в свете самого тщательного учета роли человеческого фактора, признания его не сопутствующей, а решающей роли.

Жизнь организмов—растений и животных изменилась в голоцене в заметной степени вследствие изменений среды (Сковрон, 1965). Видовой состав растительного и животного мира сильно обеднел. В предыдущие периоды изменения органической жизни заключались в появлении новых, ранее не существовавших и более приспособленных видов растений и животных, которые вытесняли старые. В техногене ввиду его кратковременности новые виды не успевают сформироваться, а существующие виды исчезают. Указывается, что в историческое время с лица Земли исчезло более трехсот видов млекопитающих и птиц (Медников, 1977). Однако в текущем веке, и в особенности в последние десятилетия, темпы угнетения жизни на Земле резко увеличились. Причин этого много—уничтожение лесов, химизация сельского хозяйства, борьба с «вредителями», а по существу с живыми организмами, загрязнение окружающей среды и т. д. Уже в наши дни один вид растений исчезает еженедельно, а один вид животных—ежедневно.

В отличие от остальных животных, включая и палеолитического человека, которые уничтожали живых существ только в целях пропитания, современный человек систематически и планомерно уничтожает нежелательные для него формы жизни. А так как он применяет для этого грубые методы, то фактически в больших масштабах уничтожаются и полезные формы жизни. До последнего века для уничтожения клещей ограничивались выжиганием степной растительности. В наше время применяются разнообразные пестициды—химические вещества, специфически действующие на разные формы жизни: инсектициды—против насекомых, зооциды—против позвоночных, бактерициды—против бактерий, гербициды—против растений и т. п. Сюда же можно отнести и отравляющие вещества, направленные против людей, которые можно назвать гомоцидами. Это общедоступные вещества (синильная кислота, хлорциан), кожно-нарывные и удушающие (иприт, трихлортриэтиламин, фосген, люизит), нервно-паралитические (табун, зарин, зоман, фосфоринтихолины) и психотомиметические, нарушающие психическую деятельность (диэтиламид лизергиновой кислоты, хинуклединовый эфир дифенилуксусной кислоты), не говоря уже о более «безобидных» раздражающих веществах, как слезоточивые лакриматоры (хлорацетофенон, хлорпикрин) или вызывающие кашель и чихание стерниты (орто-бензальмалонодинитрил, адамсит). К этому списку можно добавить хорошо известные напалм, диоксин и др.

Не надо думать, что видообразование прекратилось. Мутагенез происходит достаточно быстро, и в ряде случаев мутации, являющиеся вредными для вида в нормальных, природных условиях, оказываются полезными в изменившихся техногенных условиях. В результате возникают разновидности (растений) и варианты (животных), которые можно понимать как зарождающиеся, но, конечно, еще очень далекие от завершения расы, а в дальнейшем, может, и подвиды. Естественно, что более гибкими в этом отношении являются наиболее примитивные существа—планктон и бактерии.

Очень важно характерное для техногена новое географическое распределение животных и растений на Земле; существенно изменились закономерности, которым оно подчинялось в прошлом. Так, на-

пример, фауна океанических островов в предшествующие периоды слагалась из случайных переселенцев и не содержала животных, неспособных совершать дальние морские путешествия (земноводных, пресноводных рыб, млекопитающих и др.). В течение последних веков человеком на океанические острова были завезены крысы, кролики, козы и др., которые вытеснили многие эндемические виды.

Ряд видов был истреблен полностью (стеллерова корова, дикая лошадь тарпан, дронг, странствующий голубь и многие другие), еще большее количество видов находится на грани исчезновения или сохраняется в заповедниках как ценный генетический фонд. Существование многих эндемических видов поставлено под угрозу, так как пришельцы часто оказываются более приспособленными. Так, бескрылая птица киви может существовать в Новой Зеландии только под защитой закона о запрещении ввоза в эту страну змей. Многие виды приспособились к сосуществованию с человеком, сделавшись его нахлебниками или паразитами (домовой и полевой воробей, домовая мышь, черная и серая крыса, домовая муха, постельный клоп и др.).

Человеком одомашнено множество видов растений и животных, признанных полезными. Культурные растения и домашние животные распространились по всему свету (овцы, лошади, быки, пшеница в Новом Свете и Австралии, картофель, томат, манис, табак, подсолнечник—в Старом Свете и Австралии, верблюды и лошади в Африке).

Изолированная Австралийская зоогеографическая область практически существует только в воображении зоологов, поскольку ее определение («Нотогея—имеются яйцекладущие, много сумчатых, плацентарных мало») не соответствует реальному положению вещей в Австралии, где насчитывается до 200 млн. овец и до 20 млн. голов крупного рогатого скота, не говоря уже о собаках динго, кроликах и крысах. Наоборот, многие эндемические животные Австралии уничтожены в результате охоты и изменения ландшафта вследствие хозяйственной деятельности человека, исчезли некоторые виды кенгуру, на грани вымирания сумчатый волк, некоторые виды вомбатов. В ряде случаев принимаются меры по сохранению и восстановлению численности исчезающих видов животных, как например, бизонов, сайгаков или слонов, однако они носят случайный характер и иногда оказываются неэффективными из-за растущего техногенного давления, браконьерства и др., как это происходит в наши дни с сайгаками.

Другое побочное явление деятельности человека—замещение коренной растительности производной: на месте вырубленных хвойных лесов поселяются менее ценные березовые, на месте тропических лесов возникают саванны.

Изменились критерии выживаемости в борьбе за существование: бескосточковый виноград имеет больше шансов выжить, чем косточковый, малоподвижная мирная йоркширская свинья—больше, чем агрессивный дикий кабан, и т. д. Понятно, что в последнем случае речь идет о репродуктивном периоде.

Диаметрально противоположна селекционная роль хищных животных и человека в отношении общих объектов охоты. Хищники истребляют старых, больных и обессиленных травоядных, поскольку только с ними они могут справиться, и тем способствуют отбору и сохранению здоровых и сильных. Эта особенность не случайна, она необходима для возможности одновременного существования хищников и их жертв как видов. Если хищники эволюционируют настолько, что смогут справляться и со здоровыми, сильными животными, то дан-

ный вид травоядных будет истреблен. В противном случае, например, при истреблении хищников, как это произошло в отношении волков в Европе, травоядные будут вырождаться вследствие эпизоотии. Человек может справиться с любым животным, и поэтому он выбирает наиболее крупных, сильных и здоровых; результатом такой трофейной охоты на наиболее ценных в смысле наследственности животных является ухудшение состава популяции; Бёсснек показал это на примере доисторического животного мира Баварии (Boessneck, 1958). К. Паавер (1965) объясняет быстрое сокращение величины тела ряда охотничье-промысловых видов млекопитающих Прибалтики во второй половине текущего тысячелетия, в особенности в последние века, влиянием именно этого фактора. Совершенно иначе ведет себя человек при одомашнивании животных; он преднамеренно оставляет на племя лучших животных и потребляет худших.

Селективную роль человека в отношении насекомых и микробов можно назвать самоубийственной. Во многих случаях эти насекомые и микробы являются начальными звеньями трофической (пищевой) цепи, заканчивающейся на человеке. Применяя все более эффективные и сильные средства, человек искусственно способствует отбору более устойчивых к ним популяций и штаммов, который вообще говоря у таких сравнительно низко организованных и быстро размножающихся существ протекает достаточно быстро. Будучи значительно более специализированными, человек и высшие млекопитающие практически не могут видоизменяться и приспосабливаться к новым условиям. Поэтому неизбежно наступление такой стадии, когда на вредных насекомых и микробов химические средства уничтожения уже не будут действовать, а для человека и высших млекопитающих будут смертельными. Круг замкнется на гораздо более опасном уровне, чем в настоящее время. Единственно правильный путь—обращение к более тонким биологическим методам, как применение фагов, паразитов, репеллентов, стерилизация и разведение естественных врагов, избирательно действующих на вредных насекомых и микробов, а не на все виды жизни, как это делают химические средства защиты. Геологический смысл этого замечания заключается в том, что неразумная техногенная деятельность делает человека и высших млекопитающих относительно слабее вредных насекомых и микробов и в краткие сроки как бы стирает результаты естественного отбора, действовавшего в течение десятков и сотен миллионов лет.

И наконец, если в техногене не смогут возникнуть новые виды, роды и семейства растений и животных как результат естественной эволюции существующих, то, возможно, будет решена еще более сложная задача искусственного выведения новых органических форм в результате синтеза существующих, основанного на генной инженерии, т. е. рекомбинации генов в молекуле ДНК. Уже в наши дни, на заре нового направления биологии, удалось получить не только гибрид картофеля и томата, относящихся к разным родам семейства пасленовых, но также гибрид сои и подсолнечника, принадлежащих к различным подклассам (розид и астерид, соответственно).

Применением методов генной инженерии делаются попытки восстановления исчезнувших видов животных. Первым из таких видов оказалась квагга—вид зебр, живших в Южной Африке и истребленных в прошлом веке европейскими поселенцами; последняя квагга умерла в 1883 г. в зоопарке Амстердама. В наши дни удалось выделить ДНК квагги из мездры, оставшейся на изнанке выделанной 140

лет назад шкуры, с целью введения ее в ядро яйцеклетки близкого к ней вида зебр для получения квагг.

Генная инженерия позволяет сливать клетки животных разных типов, например, комара и человека; полученные клеточные гибриды, обладая в одном ядре хромосомами обоих родителей, оказались жизнеспособными, поскольку прошли несколько десятков клеточных поколений. Благодаря применению полиэтиленгликоля оказалось возможным соединение клеток, принадлежащих к различным царствам органического мира—растений и животных. Английский ученый Э. Коккинг с сотрудниками соединили протопласты (содержимое растительной клетки, без ее оболочки) дрожжей с эритроцитами (красные кровяные тельца) кур. Венгерские и шведские ученые соединили протопласты моркови с опухолевыми клетками человека. Эти исследования, вероятно, приведут к получению новых форм культурных растений и даже выработке животных белков в растительных клетках.

Путь генной инженерии огромен и непредсказуем.

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ПРИРОДНЫМИ И ТЕХНОГЕНОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В таблице дается сопоставление некоторых природных и техногенных процессов, проявляющихся в аналогичных эффектах. Следует иметь в виду, что скорость техногенных процессов на несколько порядков выше, чем скорость природных. Это утверждение справедливо не только по отношению к нашему тектонически спокойному времени, но также и к катастрофическим фазам при высокой тектонической активности во время перехода от одного геологического периода к другому. Не следует забывать, что эти переходы длились сотни тысяч и даже миллионы лет.

Известен единственный вид событий прошлого, когда слово «катастрофа» действительно соответствует явлению, т. е. содержит элемент внезапности—это случай столкновения крупного метеорита с Землей; такой случай по довольно обоснованным предположениям имел место около 67 миллионов лет назад. Он вызвал метеоритную зиму и имел следствием вымирание динозавров и смену мезозойской эры с населявшим Землю миром рептилий кайнозойской эрой с ее миром млекопитающих.

Даже в этом случае человек не отстает от природы, так как похожие темпы и результаты будет иметь термоядерная зима при возникновении третьей мировой войны, последствием же может оказаться смена окружающего нас мира млекопитающих миром членистоногих—скорпионов, пауков и насекомых. При сопоставлении природных и техногенных процессов следует иметь в виду, что техническая деятельность человека преследует только удовлетворение ближайших экономических и милитаристических интересов и не учитывает отдаленных инженерно-геологических и экологических последствий, и поэтому результаты некоторых его действий могут оказаться непредсказуемыми и катастрофическими для жизни на Земле.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
(воздействие геологических, космических
и биологических факторов)

ТЕХНОГЕНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ
(деятельность неолитического и совре-
менного человека)

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (в природе происходят на Земле под действием до-
стигающего земной поверхности электромагнитного излучения Солнца, воды, ветра
и льда, метеоритной бомбардировки и организмов, включая палеолитического чело-
века).

Постепенное уменьшение «парникового
эффекта» начиная с протерозоя вслед-
ствие уменьшения содержания паров
воды и CO_2 и повышения роли кислорода

Трансгрессии в интергляциалах вслед-
ствие потепления и таяния ледников

Физическое выветривание

Химическое выветривание

Рельефообразование

Денудация

Субаэральная аккумуляция

Почвообразование

Развитие продольного профиля реки

Речная эрозия и субаквальная аккумуля-
ция

Мендирование рек

Береговые процессы—абразия и перенос
литоральных отложений под влиянием
течений

Изменение положения береговой линии
под действием волн, прибойного потока
и вдольбереговых течений

Опускание земной поверхности при раз-
витии карста (полюя)

Колебание уровня грунтовых вод при
изменении климатических условий

Карстообразование

Образование подземных рек в карсто-
вых областях

Чрезвычайно быстрое увеличение «пар-
никового эффекта» начиная с XIX в.
вследствие сжигания ископаемого топ-
лива и повышения содержания CO_2

Трансгрессия при таянии континенталь-
ных ледников вследствие техногеново-
го нагревания атмосферы Земли

Измельчение пород в горной промыш-
ленности и при строительстве

Изменение вещества в химической тех-
нологии

Изменение рельефа при образовании
горнопромышленных ландшафтов и
строительстве городов

Срезка грунта при строительстве, снос
при пахоте на склонах

Подсыпка грунта при планировке

Изменение почв при их механической
обработке, внесении удобрений и выруб-
ке лесов, создание искусственных почв
при рекультивации земель

Прекращение развития продольного
профиля реки при гидротехническом
строительстве

Изменение распределения речных напо-
сов при гидротехническом строительстве

Выпрямление рек

Защита берегов и изменение распре-
деления литоральных отложений при пор-
товом строительстве

Изменение положения береговой линии
при защите берегов и освоении новых
земель на шельфах (осушение морского
дна и засыпка мелководий)

Опускание земной поверхности над под-
земными выработками и при откачке
воды, нефти и добыче газа.

Изменение уровня грунтовых вод при
осушении, орошении, подтоплении, от-
качке грунтовых вод и утечке из сетей

Возникновение техногенового карста

Сооружение гидротехнических туннелей

Образование обвалов, оползней и селей в процессе денудации

Образование оползней и обвалов при землетрясениях

Осадконакопление

Мерзлотообразование

Деградации вечной мерзлоты

Образование метеоритных кратеров

Метеоритные зимы

Образование обвалов, оползней и селей при развитии порового и фильтрационного давлений, подрезке и нагружении склонов

Образование оползней и обвалов при сотрясении склонов

Образование техногенных отложений

Замораживание грунта

Образование техногенного термокарста

Отрывка глубоких карьеров при открытой разработке полезных ископаемых

Термоядерная зима

ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (в природе происходят на Земле под действием радиоактивного распада и внутреннего тепла Земли).

Образование самородных металлов

Теплоперенос в земной коре

Нагревание земной коры в результате радиоактивного распада

Сейсмичность, вызванная тектоническими процессами

Разрушения, вызванные лавовыми потоками

Контактный метаморфизм глинистых пород

Образование конгломератов с карбонатным цементом

Образование даек

Образование обсидиана

Образование алмазов, рубинов и корунда

Концентрация металлов при дифференциации магмы и гидротермальных процессах

Получение металлов в металлургии

Использование подземного тепла в геотермической энергетике

Использование энергии деления ядер радиоактивных элементов в атомной энергетике

Техногенные землетрясения при заполнении водохранилищ

Борьба с лавовыми потоками и защита от них

Получение кирпича, фаянса, фарфора и керамики

Получение бетона

Устройство водонепроницаемых завес гидротехнических сооружений

Получение стекла

Получение искусственных алмазов, рубинов и корунда

Обогащение руд

ГЕЛИОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (в природе происходят в недрах Солнца и звезд под действием низкотемпературных ядерных реакций).

Синтез гелия из водорода

Получение термоядерной энергии при взрывах водородных бомб и в термоядерных реакторах

КОСМОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (в природе происходят при вспышках сверхновых под действием высокотемпературных ядерных реакций).

Синтез тяжелых элементов

Получение плутония в атомных реакторах

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (в природе происходят на Земле вследствие способности открытых сложных динамических систем с вероятностными связями к самоорганизации).

Естественный отбор наиболее выгодных для данного вида органических форм, сопровождаемый их специализацией

Широкое разнообразие многочисленных близких видов, ведущее к заполнению большого количества экологических ниш, занимающих узкие ареалы

Вымирание специализированных организмов в тектонически активные эпохи вследствие невозможности приспособления в изменившихся условиях

Возникновение новых видов, родов, семейств и более высоких таксонов организмов

Искусственный отбор наиболее выгодных для человека органических форм, сопровождаемый их domestikацией

Широкое распространение немногочисленных, сильно отличающихся видов по всей Земле, ведущее к опустению многих экологических ниш

Вымирание многих видов организмов в тектонически спокойную эпоху вследствие прямого или косвенного потребления человеком

Генная инженерия

ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ—НОВЫЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АГЕНТ

Последние тысячелетия, и в особенности последний век, характеризуются все более возрастающим вмешательством человека в установившееся в течение свыше двух миллиардов лет квазистационарное состояние, именуемое гармонией жизни в природе. Борьба за существование, сопровождаемая по известным причинам истреблением живых существ, является необходимым элементом этой гармонии. Естественно, что численный и видовой состав микроорганизмов, растений, грибов и животных, образующих биосферу, изменялся в течение этого длительного промежутка времени в зависимости от колебаний глобальных и локальных условий. В геологическом прошлом вымирание органических форм происходило в горообразовательные фазы тектонических этапов, когда физико-географическая обстановка резко изменялась и исчезали или сильно угнетались целые роды и даже отряды растений и животных, не будучи в состоянии приспособиться к изменившимся условиям. Этот процесс растягивался на сотни тысяч и миллионы лет. Однако всеобщее и быстрое ухудшение природной обстановки, угнетение жизни на Земле и загрязнение среды, которые происходят на наших глазах без какого-либо участия тектонических процессов, не имеют по своим темпам аналогов в прошлом. Даже многократные наступления ледников в течение большей части четвертичного периода происходили гораздо медленнее, чем те изменения, которые можно в наши дни наблюдать всего за одну человеческую жизнь.

Имеется огромная литература, освещающая происходящие с возрастающей скоростью изменения природной обстановки и условий жизни на Земле, уничтожение растительности и животных, загрязнение окружающей среды, имеются многочисленные исследования биологических, экономических, экологических и социальных последствий происшедших изменений. Однако геологические выводы из этого еще не сделаны. Общепринято, что мы живем в четвертичном периоде. Так ли это?

Предыдущие геологические периоды измеряются десятками миллионов лет, что существенно превышает истекшую часть четвертичного периода, составляющую не более двух с половиной миллионов лет. Отсюда, однако, не следует, что мы живем в самом начале четвертичного периода. Наоборот, можно привести веские соображения в пользу

зу того, что четвертичный период не является длительным. Имеющиеся данные позволяют принять, что ход экзогенных процессов, общий характер органической жизни на Земле и облик ее поверхности в неотдаленном будущем претерпят изменения, сопоставимые или даже превосходящие те, которые в прошлом определяли смену геологических периодов.

Причиной этих изменений является постепенное развитие за последние тысячелетия и чрезвычайное усиление в текущем веке *нового, ранее неизвестного геологического агента*, который во всевозрастающей степени влияет на протекание ряда геологических процессов. Этим новым геологическим агентом является *неразумная и разумная человеческая деятельность* (Тер-Степанян, 1982, 1985). Он действует как прямым путем (например, при перемещении горных пород), так и косвенно, усиливая или ослабляя влияние остальных геологических агентов (Legget, 1969; Sherlock, 1922).

Возникает естественный вопрос: как согласовать утверждение о человеческой деятельности как о новом, ранее неизвестном геологическом агенте, возникшем всего несколько тысячелетий назад, с фактом существования в течение более 6,5 миллиона лет семейства гоминид, т. е. людей, к которому относятся ископаемые (австралопитеки, архантропы, палеоантропы) и современные люди?

Организмы—микробы, растения и животные в совокупности являются одним из геологических агентов. Действие организма, известное для последних трех с половиной миллиардов лет существования нашей планеты, в противоположность действию других геологических агентов, как ветер, вода или лед, отличается плановостью и преднамеренностью, так как иначе эти организмы не смогли бы выжить. Даже самые примитивные существа, как амеба, способны к планомерным действиям. «У животных способность к сознательным, планомерным действиям развивается в соответствии с развитием нервной системы и достигает у млекопитающих уже достаточно высокой степени» (Энгельс, 1967), в особенности у семейств дельфиновых и крупных человекообразных обезьян.

Человек в течение долгого времени своего развития из дриопитека, рамапитека и австралопитека был и остается в настоящее время составной частью природы. *Влияние человека как геологического агента за время до голоцена было сравнимо и в принципе не отличалось от действия других живых существ*, как например, растения, кораллы, моллюски, земляные черви, пчелы или бобры. Общей особенностью деятельности этих столь отличных организмов является извлечение из окружающей среды не большего количества продуктов или веществ, чем это необходимо для обеспечения их существования. Человек, как и все животные, был расточителен в отношении предметов питания и часто уничтожал в зародыше их естественный прирост. Он поддерживал свое существование охотой и собирательством, как и многие виды живших с ним одновременно существ. Человек использовал природу, извлекая из нее все, что она могла дать ему, и вел такой же хищнический образ жизни, как и его окружение. Этот весьма длительный промежуток времени, охватывающий значительную часть антропогенеза, в экономическом отношении характеризовался *присвоением пищи*. Изобретение способов получения огня, изготовления орудий, коллективная охота делали палеолитического человека более сильным и приспособленным по сравнению с остальными животными в конкретной борьбе за присвоение пищи, и он в конце концов уничтожил многие виды крупных млекопитающих—большерогого оленя, пе-

щерного медведя, шерстистого носорога, пещерную гienу, мамонта, бизона и др. и расселился почти по всей поверхности Земли.

Нельзя отрицать огромного значения изобретения способов получения огня, изготовления орудий или коллективизма в формировании человека как биологического вида или как социального существа. Однако все это ничего не изменило во взаимоотношениях человека с природой в геологическом смысле. На протяжении многих сотен тысячелетий палеолитический человек—олдовайские австралопитеки в ашельскую эпоху, архантропы (питекантроп, синантроп)—в ашельскую и палеоантроп (неандерталец)—в мустьерскую, равно как на протяжении многих миллионов лет предки человекообразных обезьян и человека—дриопитеки, рамапитеки, сивапитеки, кенниапитеки и др. как геологический агент ничем не отличались от остальных животных.

Положение принципиально изменилось после перехода к земледелию и скотоводству, т. е. к *производству пищи* (неолитическая революция) (Childe, 1948). Этот процесс сопровождался демографическим взрывом, возникновением семьи, частной собственности, накоплением богатств и сменой матриархата патриархатом. Известный по множеству списков шумерский миф под условным названием «Скот и зерно», записанный в начале III тысячелетия до н. э. и восходящий, вероятно, еще к концу V тысячелетия, ярко описывает резкий скачок образа жизни людей после неолитической революции. «Из мифа мы узнаем, что вначале человечество находилось в состоянии дикости. Люди ели полевую траву, как животные, пили воду из застоявшихся луж, не носили одежды и, по-видимому, бегали на четвереньках. Жалкое их положение тронуло богов, и те решили дать им два ценных дара: создали божество, приблизительно соответствующее римской Церере и персонифицирующее культурные злаки, и другого бога, символизирующего домашний скот. С появлением земледелия и домашних животных прежняя жалкая жизнь человека сразу преобразилась. У него появилась в изобилии пища, и он мог уже начать восхождение по лестнице развития» (Кьера, 1984).

Естественно, что этот весьма важный качественный переход не везде произошел одновременно. Он начался примерно девять или десять тысяч лет назад, на заре голоцена, в широтной полосе, протягивающейся через Северную Африку и Южную Азию, и несколько позже охватил Южную Европу и Центральную Америку. В геологическом масштабе времени переход произошел чрезвычайно быстро. Густые девственные леса в этой полосе были вырублены и сожжены для выращивания злаков и пастбы животных. Позже в Африке и Азии эти первобытные, экстенсивно используемые поля и пастбища частично уступили место степям, а в дальнейшем, вследствие начавшегося процесса опустынивания—полупустыням и пустыням (Баландин, 1980). Человек начал тогда покорять природу, пытаться господствовать над ней, и преобразовывать ее в своих интересах. Имея возможность накапливать богатства, он стал стремиться извлекать из природы больше продуктов, чем это необходимо для обеспечения его существования. С другой стороны, человек перестал быть расточительным в отношении продуктов питания, оберегая их естественный прирост. Охота и собирательство играют в современной экономике небольшую роль, и главным источником получения продуктов питания являются земледелие и скотоводство. Изменился характер этих отраслей сельского хозяйства: экстенсивное мотыжное земледелие и отгонное скотоводство через селекцию и механизацию сменились интенсивной агротехникой и специализированным животноводством.

Оставаясь внутри природы, человек в отличие от других организмов умеет познавать ее законы и применять их в соответствии со своими намерениями. Являясь столь же эгоистичным, как остальные организмы, он отличается от других животных более широкой способностью рассчитывать и предвидеть результаты своей деятельности, как например, алиментарные или экономические. В настоящей фазе своего развития человек, действуя методом проб и ошибок, умеет предвидеть также и экологические и инженерно-геологические последствия, правда, лишь самые ближайшие. Несомненно, что по мере развития своего интеллекта, разработки теории и накопления опыта человек сделается способным предвидеть все более отдаленные экологические и инженерно-геологические последствия. Тем самым его действия будут становиться все более разумными, а сам он будет приближаться к праву считать себя хозяином Земли. Все это позволяет выделить начиная с голоцена деятельность человека, ввиду приобретения ею новых важных отличительных черт, из общей группы «деятельность организмов» и рассматривать ее как самостоятельный геологический агент.

Акад. В. И. Вернадский (1944) рассматривал техническую деятельность человека как крупнейшую геологическую силу, под действием которой меняется лик Земли, исчезает девственная природа. Большой вклад в систематизацию и дальнейшее развитие этих взглядов сделал акад. А. Л. Яншин (1981); он перечисляет следующие основные предпосылки создания ноосферы в ходе исторического развития человечества: 1) человечество стало единым; 2) произошло решительное преобразование средств связи и обмена; 3) открыты новые источники энергии; 4) произошел подъем благосостояния трудящихся; 5) люди становятся равными и 6) из жизни общества исключаются войны. Акад. Е. М. Сергеев (1982) указывает, что техническая деятельность человека «меняет не только лик земной поверхности, но и вносит такие значительные изменения в верхнюю часть земной коры, которые по масштабам и последствиям можно сопоставить с геологическими процессами». Он пишет: «Извлекая из недр Земли колоссальные объемы земных масс—руды, угля, воды, нефти, газа, проникая на большие глубины, интенсивно осваивая тундру, тайгу, пустыни, ледниковые области, горы, изменяя течение рек, создавая искусственные водоемы, осушая огромные заболоченные пространства, человек нарушает сложившееся природное равновесие на Земле, что в ряде случаев может привести к непоправимым последствиям». И далее: «... строятся небывалые по своим размерам и весу жилые и промышленные здания, возводятся сложные гидротехнические и дорожные сооружения, создаются искусственные подземные нефте-, газо- и водохранилища, разрабатываются полезные ископаемые открытым способом в котлованах, площадь которых достигает десятков квадратных километров, а глубины—сотен метров, идет массовое захоронение и складирование промышленных отходов; влияние человека на литосферу стало не меньше, чем его влияние на атмосферу, гидросферу и биосферу».

Сделанное выше сравнение хода протекания ряда важнейших геологических процессов на Земле в течение по крайней мере всего протерозоя и фанерозоя, т. е. более двух с половиной миллиардов лет, с их современным ходом показывает те огромные изменения, которые внес новый геологический агент—неразумная и разумная человеческая деятельность за последние десять тысяч лет в закономерности, управляющие этими процессами; соотношение между этими двумя от-

резками времени такое же, как между тремя сутками и одной секундой. Некоторые геологи предпочитают не рассматривать новейшие быстроспротекающие техногенные изменения, так как они вносят нежелательные коррективы в складывающуюся без этого анализа стройную картину медленного развития действия остальных геологических агентов, подтверждающуюся огромным отрезком времени.

Естественно, что природная обстановка за длительное геологическое время менялась—возникали и исчезали горы, смещались континенты, теплые и влажные периоды сменялись холодными или засушливыми и т. д., в соответствии с чем создавался тот или иной геологический эффект, как например, размыв, осадконакопление, рельеф и т. д. Однако общими и неизменными оставались закономерности, которые связывали между собой причины и следствия. Так, сильные вековые похолодания вызывали накопление снега, развитие ледников в полярных областях, понижение уровня Мирового океана, расширение зоны вечной мерзлоты, наступление ледников, ледниковое выпаживание и т. д.; потепление климата вызывало другую серию процессов. Исследователь, вооруженный знанием этих закономерностей, установив, например, факт исчезновения вечной мерзлоты в каком-либо отрезке времени, естественно придет к заключению об общем потеплении климата. Однако происходящее в настоящее время исчезновение вечной мерзлоты в обжитых районах вследствие человеческой деятельности не имеет никакого отношения к глобальному изменению климатических условий. Точно так же установленное в геологическом прошлом в природных условиях прекращение эрозии в среднем течении реки и начало накопления аллювия будет объяснено вертикальными движениями, вызвавшими местное поднятие базиса эрозии, которое могло длиться тысячелетиями. Однако в наши дни такой же результат может вызвать строительство гидроэлектростанции, причем в течение всего нескольких лет.

ГОЛОЦЕН—НАЧАЛО ПЯТЕРИЧНОГО ИЛИ ТЕХНОГЕНОВОГО ПЕРИОДА

В свете изложенного голоцен следует рассматривать как переходную эпоху от четвертичного (ледникового или антропогенного) периода к пятеричному (техногенному). Общепринято переходные эпохи относить к наступающим, т. е. более молодым периодам. Отсюда следует, что *голоцен необходимо рассматривать как начало техногенного периода.*

Граница между голоценом и верхним плейстоценом является таким же предметом столкновения различных взглядов, как и нижняя граница четвертичного периода. Представляется обоснованным проводить нижнюю границу голоцена по времени резкого улучшения климатической обстановки в Европе, имевшего место примерно 10 300 лет назад и соответствующего границе между позднеледниковым и послеледниковым временем (Нейштадт, 1969; Хотинский 1969). Тот же возраст ($10\,200 \pm 100$ лет назад) отвечает резкому повышению температуры поверхностных слоев океана, происшедшему одновременно на всех территориях Старого и Нового Света (Кинд, 1982). В этом случае *четвертичный период будет четко и логично определяться как промежуток времени между первым резким похолоданием и последним резким потеплением.* Голоцен в нашем понимании должен быть отнесен к техногенному периоду с тем же основанием, с каким базальные конгломераты относятся к вышележащей толще. Начало этой переходной эпохи характеризуется вполне четвертичной обстановкой,

на конец, который, вероятно, наступит в течение ближайшего тысячелетия,—вполне техногеновой.

В течение голоцена на Земле возникали островообразные районы антропогенного воздействия, вначале слабого, а со временем усиливающегося. Эти «пятеричные» районы постепенно росли на общем «четвертичном» фоне, сливались друг с другом, превращались в более обширные «пятеричные» области, охватывающие все большую часть земной поверхности и делающиеся все более интенсивными. В настоящее время интенсивно развитыми «пятеричными» областями являются мегалополисы—крайне урбанизированные полосы сплошного высококонцентрированного населения, как например, на Атлантическом побережье США. Свидетельством быстрого развития «пятеричных» областей является также высокий уровень урбанизации ряда стран и еще более быстрый темп ее возрастания. В начале XIX в. в городах проживало 2% населения Земли; в наши дни эта доля составляет во Франции, Канаде, США и Японии около 75%, в Австралии и Англии более 80% и в ФРГ—88%. К менее интенсивно развитым «пятеричным» областям мира относится большая часть территории остальных промышленных и аграрных стран Европы, Азии и Северной Америки, в еще меньшей степени—Африки, Южной Америки и Австралии. Однако несомненно, что на Земле совершенно не осталось подлинно «четвертичных» участков. Даже в Гренландии выпадают кислотные дожди, а в Антарктиде в мясе пингвинов обнаруживается повышенное содержание ДДТ.

Темпы индустриализации и техногенного преобразования поверхности Земли иллюстрируются следующими цифрами: «в настоящее время площадь Земли, занятая под жилые застройки и другие инженерные сооружения, составляет 4% суши, а к 2000 г. эта площадь будет занимать около 15% суши» (Сергеев, 1982). Площадь, занятая городами, постоянно увеличивается. В США к 1959 г. из общей площади 770 млн. га городами было занято 10,9 млн. га, а дорогами и другими сооружениями еще 10,1 млн. га, всего 21 млн. га, или 2,75% территории; значительная часть этих земель навсегда потеряла свой первоначальный вид. По подсчетам к концу века в США будет застроено или покрыто дорогами около 36 млн. га, или 4,7% территории страны. В Великобритании под различными сооружениями или дорогами в 1922 г. было занято свыше 10% территории, а полвека спустя эта цифра достигла 14—15% (Леггет, 1976). Даже в такой просторной стране, как СССР, площадь, занятая городами, составляет теперь 8 млн. га или 0,4% всей территории (Котлов, 1977). А что будет в мире через несколько столетий? Акад. А. В. Сидоренко (1982) писал: «Имеются различные и противоречивые соображения о возможностях биосферы. Большинство специалистов сходятся на том, что биосфера при современном ее использовании может «прокормить» 12—15 млрд. человек. Другие, веря в гений человеческого разума, считают ресурсы биосферы безграничными, приводят критическую численность в 50 млрд. человек и даже в 100 млрд. человек. Но при этом имеется в виду, что люди откажутся от традиционного сельскохозяйственного производства пищи и целиком перейдут на синтетическое питание». Если сохранятся современные темпы роста населения планеты (удвоение через каждые 40 лет), то к этому результату человечество придет всего через какие-нибудь 200 лет, т. е. практически в самом начале предстоящего тысячелетия.

Наблюдающееся в настоящее время катастрофически быстрое сокращение численности и видового состава диких растений и живот-

ных в течение всего одного столетия, неизвестное ни для одной предыдущей эпохи истории органической жизни на Земле; многомиллионное поголовье немногих видов домашних животных; обширные поля, занятые немногочисленными видами культурных растений; демографический взрыв и быстрый рост городов; городские и горнопромышленные ландшафты, дороги, плотины, средства морского, наземного и воздушного транспорта или происходящее во всем мире усиливающееся загрязнение и отравление окружающей среды—почвы, воды и воздуха представляют собой также вполне «пятиеричные» явления.

Существует и более оптимистический взгляд на экологические проблемы. Экологический пессимизм характерен для западных социологов, и роль происшедших изменений, по-видимому, преувеличена. Плановость системы включает в себя возможность регулирования процесса, уменьшения или устранения негативного эффекта. Переживаемые в настоящее время трудности являются следствием капиталистического метода хозяйствования, когда в жертву личным, собственническим интересам приносятся общественное благо. В. Д. Гранов (1982) пишет: «Только социалистический общественный уклад, свободный от частнособственнических, националистических и любых других своекорыстных интересов, в состоянии осуществить оптимальное решение этих проблем, отвечающих жизненным интересам всех общественных слоев, всех наций на всех континентах». Он справедливо отмечает, что «в условиях сегодняшнего политически раздробленного мира возможны лишь частичные, неполные решения... Силами только естествознания и техники нельзя найти удовлетворительных решений глобальных проблем, ибо речь идет о проблемах социального характера, которые могут быть решены только на основе самого глубокого всестороннего понимания социальных факторов, являющихся объектом изучения общественных наук».

В самой возможности выбора между указанными двумя стратегиями, одной, предвещающей гибель жизни на Земле, и другой, сулящей ее процветание, выбора, зависящего не от игры слепых сил природы, а от людей, их воли и усилий, видна огромная роль нового геологического фактора, потому что никогда в прошлом не было ничего подобного.

Победа прогрессивных сил будет означать не только разрешение кризисной ситуации конца текущего века и устранение угрозы термоядерной катастрофы, но процветание сферы разума, ноосферы, как ее назвал основатель этого учения французский ученый, палеонтолог, философ и теолог Пьер Тейяр де Шарден (1881—1955). Так как католическая церковь запретила ему публикацию своих взглядов, они были изложены его учеником и другом, французским математиком и философом-берсоннианцем Эдуаром Ле Руа (Le Roy, 1927). Книга П. Тейяра де Шардена была опубликована после смерти автора (Teilhard de Chardin, 1959); вскоре после того появился ее русский перевод (Тейяр де Шарден, 1965). Рациональное зерно учения Тейяр де Шардена, заключающееся в «феномене человека», рассматриваемого как вершина эволюции, преобразующая материю и направленная в будущее, было развито геологами академиками В. И. Вернадским (1944, 1977), А. Л. Яншиным (1981) и Е. М. Сергеевым (1982). Ноосферу, сферу разума, надо прежде всего понимать как утверждение принципов разумного отношения к жизни на Земле и планового целенаправленного использования геологической среды, то есть разумной человеческой деятельности.

О ОБОСНОВАННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ НОВОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРИОДА

Все это знаменует переход от четвертичного к пятеричному периоду, который начался в голоцене в некоторых частях Земли, сделавшись уже вполне заметным в наши дни и полностью наступит в течение ближайшего тысячелетия, гораздо быстрее, чем происходила смена предыдущих геологических периодов. Земная поверхность и органическая жизнь на Земле изменятся к тому времени значительно сильнее, чем это известно для прошлого. Пятеричный период в его полном развитии будет более резко отличаться от предшествующего четвертичного, чем последний от неогена или неоген от палеогена.

История терминологии и объема отложений, образовавшихся в современную эпоху, оказалась очень нелегкой. «В 1825 г. французский ученый Ж. Денуайе предложил выделить послетретичные отложения в особую четвертичную систему, а в 1829 г. дал обоснование для ее выделения. «Четвертичная система» противопоставлялась при этом как равноправное подразделение первичным, вторичным и третичным напластованиям, соответствовавшим, в современном понимании, палеозою, мезозою и кайнозою» (Стратиграфия СССР, 1982), т. е. по существу он возвел четвертичную систему в ранг группы. В 1830 г. английский ученый Ч. Лайель назвал отложения этого периода «новейшими» или «послетретичными». В 1837 г. К. Шимпер ввел термин «ледниковый период», считая его важнейшим признаком континентальное оледенение. В 1839 г. Ч. Лайель предложил термин «плейстоцен» для обозначения всех отложений моложе плиоценовых. В 1846 г. Э. Форбс использовал термин «плейстоцен» для описания только холодного ледникового периода; для более молодых отложений закрепился термин П. Жервье «голоцен». В нашей стране вплоть до 1900-х гг. текущего века отложения четвертичного времени, следуя Ч. Лайелю, называли «послетретичными». В 1922 г. акад. А. П. Павлов предложил называть их «антропогеном», считая, что главным событием в истории органического мира было появление человека (Стратиграфия СССР, 1982). А. П. Павлов (1936) писал: «... возможно, что признают более удобным различать в новой (третичной) эре три периода: палеоген, неоген и антропоген». Естественно, что голоцен, или, как его называли в прошлом веке, «аллювий», являющийся по общепринятой точке зрения последней эпохой четвертичного периода, относился акад. А. П. Павловым к антропогену.

Термин «антропоген» сделался в нашей стране официальным, хотя советская геологическая служба придерживается принятого на Западе наименования «четвертичный период». Основание четвертичных отложений или антропогена в нашей стране традиционно проводится по бажинским отложениям, что соответствует основанию кромера Англии и соответствует возрасту около 750 тыс. лет. Многие ученые нас и на Западе согласно рекомендациям Международного геологического конгресса (XVIII сессия в 1948 г. в Лондоне) проводят нижнюю границу четвертичных отложений по основанию континентальных отложений верхнего виллафранка и его морского аналога валабрия, что соответствует возрасту 1,87—2,0 млн. лет (Никифорова, 1982). В этом случае биберское оледенение, соответствующее преанглийскому похолоданию, остается в плиоцене. Если исходить из палинотратиграфического критерия—резкого похолодания в северном полушарии, на котором основывается выделение четвертичного периода, то в него должно быть включено и биберское оледенение; следовательно, нижняя граница антропогена должна быть опущена

до основания среднего виллафранка, что соответствует возрасту 2,5 млн. лет. Прямые данные для корреляции осадков среднего виллафранка с морскими отложениями Средиземноморского бассейна отсутствуют, но судя по возрасту им отвечает плезанс-астий. Граница между неогеном и антропогеном по основанию среднего виллафранка, принятая Комиссией по международной карте четвертичных отложений Европы в 1932 г., представляется наиболее обоснованной и приблизительно соответствует рубежу палеомагнитных эпох Гаусса и Матуйма (около 2,43 млн. лет).

Предложение Денуайе выделить четвертичный период из третичного и рассматривать его как самостоятельный встретило возражения, основанные в известной степени на получавшемся вследствие такого выделения несоответствии между длительностью четвертичного и всех остальных геологических периодов. Некоторым утешением могло служить соображение о том, что четвертичный период только начался и что он продлится не меньшее время, чем предыдущие. Поэтому мысль о том, что четвертичный период, едва начавшись, всего каких-либо два с половиной миллиона лет назад, уже закончился, не вызовет энтузиазма у геологов, привыкших за термином «геологический период» видеть отрезки времени, измеряемые десятками миллионов лет. Тем не менее это так.

Можно предвидеть три основных возражения против выделения техногенового периода: отсутствие новых родов и видов фауны; получающаяся краткость четвертичного периода и убеждение в том, что современность есть логическое продолжение четвертичного периода.

В отношении первого возражения надо указать, что палеонтологический метод подразделения на периоды относится только к фанерозою, и то не полностью, так как уже для четвертичной системы стлчительной чертой являлось не изменение фауны, а похолодание, и далее подразделение ведется по климатостратиграфическим признакам. Как известно, к докембрию палеонтологический метод пока неприменим, и в ряде случаев используется радиометрический. Критика предложения о выделении техногенового периода с позиции отсутствия биостратиграфических критериев некорректна уже потому, что эти критерии не выдерживаются и для самого антропогена. Как известно, отделы и ярусы всех остальных систем фанерозоя выделяются по данным биостратиграфии на основании изучения комплексов фауны морских стеногалинных беспозвоночных и простейших, что оказалось совершенно неприменимым к четвертичной системе; в ней нет вообще ничего похожего на ярусы остальных систем фанерозоя. Поэтому в стратиграфии четвертичных отложений принимается иерархия таксонометрических единиц более низкого ранга (Стратиграфия..., 1982, с. 113). Естественно, что граница между неогеном и антропогеном, где стыкуются две иерархии с рангами, отличающимися на один-два порядка, условна и неустойчива. Если исходить из приоритета выделения зон в кайнозое, то проведение нижней границы под основанием зоны *Globorotalia truncatulinoides* может быть оправдано, хотя эта зона начала откладываться через 700 тыс. лет после первого резкого похолодания в северном полушарии, приведшего к биберскому оледенению. Если же приоритетным является чередование холодных гляциалов и теплых интергляциалов, то совершенно правомерно проведение границы именно там, где она действительно проходит, т. е. под средним виллафранком.

Для четвертичной стратиграфии помимо глобальных климатических характеристик большое значение имеют провинциальные зоны,

выделенные по комплексам фауны наземных млекопитающих (Громов, 1948), однако выделение зон по этому признаку, «будучи важнейшим средством дальней внутри- и межрегиональной корреляции, не является все же основой построения региональных подразделений стратиграфических схем» (Стратиграфия..., 1982, с. 118). Из сказанного видно, что отсутствие новых родов и видов фауны не может служить препятствием к выделению пятеричного или техногенового периода, так как он определяется совершенно другим признаком—геологической деятельностью человека. И наконец, неправильно думать, что только появление новых видов может знаменовать собой наступление следующего геологического периода; оно может характеризоваться и массовым исчезновением существующих видов, как это происходит в наше время. Более того, массовое вымирание животных особенно характерно для более высокого таксонометрического ранга—геологической эры: в конце палеозоя исчезло около 96% общего числа морских животных, а в конце мезозоя—75% (Будыко, 1984). Процесс вымирания видов развивается в наши дни с увеличивающейся скоростью, его можно наблюдать с различной отчетливостью по всей Земле, и, вероятно, к концу начинающегося тысячелетия жизнь на Земле будет совершенно непохожа на ту, которая была свойственна началу голоцена.

В отношении второго возражения необходимо помнить, что дробность подразделений промежутков времени должна увеличиваться по мере приближения к современности (Fairbridge, 1968), что более соответствует правильности временной перспективы и отвечает плотности имеющейся информации. Это можно видеть на примере уменьшающейся длительности геологических эр: рифей вместе с вендом² (верхний протерозой) длился 1030 млн. лет, следующая за ним эра—палеозой—340 млн. лет, далее мезозой—163 млн. лет и наконец кайнозой—67 млн. лет. Можно привести еще один довод в пользу допустимости и необходимости выделения пятеричного периода, несмотря на получающуюся при этом краткость четвертичного. Великое континентальное оледенение, знаменующее четвертичный период, было, как известно, не единственным. В истории Земли было несколько крупных и продолжительных ледниковых эпох, оставивших бесспорные следы в виде ледниковой штриховки и тиллитовых отложений. Они были в нижнем протерозое (около 2,3 млрд. лет назад), в верхнем протерозое (950—900 млн., 750 млн. и 600 млн. лет назад), в верхнем ордовике (около 450 млн. лет назад) и наконец в верхнем карбоне—наиболее известная ледниковая эпоха, длившаяся около 40 млн. лет (310—270 млн. лет назад) (Джон, 1982). Однако никогда не ставился вопрос о выделении этих эпох в самостоятельные геологические периоды. Последняя ледниковая эпоха была выделена в самостоятельный четвертичный период не потому, что она чем-либо особым отличалась от предшествующих, а вследствие бесспорности ее огромной роли для человечества и ее лучшей изученности.

В отношении третьего возражения следует отметить, что хотя четвертичный период многими авторами определяется по двум при-

² Хотя рифей вместе с вендом (верхний протерозой), начавшийся 1600 и закончившийся 570 млн. лет назад, и не является эрой, а лишь ее подразделением, правильное рассматривать его как аналог эры, так как трудности с применением палеонтологического метода к протерозою будут несомненно преодолены, что позволит разделить длинейший промежуток времени между археем и палеозоем (около 2 млрд. лет) на эры и периоды с тем, чтобы соответствующие им группы и системы поддавались стратиграфической корреляции для отдаленных континентов.

накам—похолоданию и появлению человека, второй признак носит скорее символический характер: все дальнейшие подразделения четвертичного периода сделаны исходя только из климатических изменений. Было предложено множество схем подразделений четвертичного периода, и все они основаны на климатостратиграфических признаках (Никифорова, 1982). Семейство гоминидов, к которым относятся австралопитеки, архантропы, палеоантропы и современные люди, появились на Земле 6,5—7 млн. лет назад, однако даже самые радикально настроенные ученые не отодвигают нижнюю границу четвертичного периода на такое время. Даже такой важный для антропогенеза факт, как появление человека современного вида—*Homo sapiens*, имевший место примерно 55 тыс. лет назад, никак не сказался на схеме подразделений четвертичного периода. Это вполне понятно и соответствует сделанному выше выводу о том, что палеолитический человек как геологический агент ничем не отличался от других живых существ. Различие возникло только в голоцене, когда в ходе неолитической революции человек перешел к производству пищи. Современность является результатом революционного изменения хозяйственного уклада, вызвавшего ряд инженерно-геологических последствий. Если бы человек не перешел к земледелию и скотоводству, а затем во всевозрастающих темпах не стал заниматься промышленным производством, то современность относилась бы к очередному интергляциалу антропогенного периода. Таковы материалистические основания выделения техногенного периода.

Для выделения техногенного периода имеется даже больше оснований, чем имелось в отношении антропогенного; это, во-первых, действие нового, ранее неизвестного и очень мощного геологического агента и, во-вторых, значение этого периода для человечества. Понимание роли и места техногенного периода в системе мышления необходимо для правильной оценки современных тенденций развития лика Земли и возможности геологических прогнозов, имеющих самое непосредственное отношение к будущему нашей цивилизации.

ՆԻՐԱՐԱՆԱԿԱՆ ՆՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐՆ ՈՒ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԸ ՏՆՆՆՈՒՄԵՆՈՒՄ

ՀԱՍՀ ԳԱ թղթ. անդ., պրոֆ., տեխն. գիտ. դոկտոր ԳԵՈՐԳ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ¹

Ռեֆերատ: Հոլոցենի սկզբից՝ անդի յուրացումից դրա արտադրության անցնելու հետևանքով, մարդու գործունեությունն ուժեղացավ և զարձակ ալեկի ինտենսիվ, այն պետք է տեսնենացվի «որդանիզմների գործունեություն» ընդհանուր խմբից և դիտվի որպես ինքնուրույն երկրաբանական գործոն, որը հարաձուռ կերպով ազդում է շատ արտաքին և որոշ ներքին պրոցեսների ընթացքի վրա: Այդ պրոցեսների ընթացքն ամբողջ պրոտրոգոյի և ֆաներոգոյի ժամանակ (մոտ 2,5 մլրդ տարի) համեմատվում է վերջին 10 հազար տարում բնության մեջ կատարվող պրոցեսների հետ: Նրանի մակերևույթի տեսքն արագորեն փոփոխվում է: Դա թույլ է տալիս պնդել չորրորդական կամ անարտադենային ժամանակաշրջանից հինգերորդական կամ տեխնոգենային ժամանակաշրջանին անցման մասին, որն սկսվել է հոլոցենում և լիովին կհաստատվի մոտակա հազարամյակի ընթացքում:

Աղյուսակում տրվում է որոշ համանման էֆեկտներով հանդես եկող բնական և տեխնոգենային պրոցեսների համեմատումը: Պետք է նկատի ունենալ, որ տեխնոգենային պրոցեսների արագությունը մի քանի կարգով բարձր է բնական պրոցեսների արագությունից: Այս դրույթը արդարացի է ոչ միայն

¹ ՀԱՍՀ ԳԱ ԳԻՍԻ գեոմեխանիկայի լաբորատորիայի վարիչ:

մեր տեկտոնիկայի տեսակետից հանդիստ ժամանակի, այլ նաև մի երկրաբանական ժամանակաշրջանից մյուսին անցնելու ժամանակ բարձր տեկտոնիկ ակտիվություն ունեցող կատաստրոֆիկ ֆազաների վերաբերմամբ:

Պետք չէ մոռանալ, որ այդ անցումները տևում էին մի քանի հարյուր հազար և նույնիսկ մի քանի միլիոն տարի:

ՐԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԳԵՆԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՀԱՄԱՄԱՏՈՒՄ

ՐԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ

(Երկրաբանական, տիեզերական և կենսաբանական գործոնների ազդեցությունը)

ԱՐՏԱՍԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ (բնությունում տեղի են ունենում երկրի վրա երկրի մակերևույթին հասնող արևի էլեկտրամագնիսական ճառագայթման, ջրի, քամու և սառույցի, մետեորիտային ուժերի և օդաներթման, հեռաբաղադրյալ մարդր ենթադրյալ, ազդեցությամբ)

Պրոտերոզոյից սկսած շերտացային էֆեկտի առաջնային փուլում ջրի գոլորշու CO_2 -ի պարունակության պակասեցման և լիվիաների դերի բարձրացման հետևանքով

Տրանսգրեսիա ինտերգլացիայներում տարացման և սառցադաշտերի հալեցման հետևանքով

Ֆիզիկական հոգմահարում

Քիմիական հոգմահարում

Թերմոֆի առաջացում

Էրկացում

Ենթաօդային կուտակում

Հողադոզացում

Գետի երկայնակի պրոֆիլի զարգացում

Գետային էրոզիա և ենթաջրային կուտակում

Գետապտույտների զոյացում

Մոլափնյա պրոցեսներ՝ արբադիա և առափնյա նստվածքների տեղափոխում հոսանքների ազդեցությամբ

Մոլափնյա գծի փոփոխություն ալիքների, ափարխային հոսանքի և ափերի երկայնությունում տեղի ունեցող հոսանքի ազդեցությամբ

ՏԵԽՆՈԳԵՆԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ

(Նոր ֆաբրիկայան և ժամանակակից մարդու գործունեությունը)

XIX դարից սկսած շերտացային էֆեկտի լափազանց արագ աճելացում հանածո վառելիքի այրման և CO_2 -ի պարունակության բարձրացման հետևանքով

Տրանսգրեսիա՝ երկրի մթնոլորտի տեխնոգենային տարացման հետևանքով առաջացած մալրցամաքային սառցադաշտերի հալումից

Ապարների մանրացում հանքային արդյունաբերության մեջ և շինարարության ժամանակ

Նյութի փոփոխություն բիմիական, տեխնոլոգիայում

Թերմոֆի փոփոխություն լեռնարդյունաբերական լանդշաֆտի զոյացման և բաղադրեր կառուցելու ժամանակ

Գրունտի կտրում շինարարության ժամանակ, բուսահողի տեղափոխում լանդշաֆտի վրա վառի ժամանակ

Գրունտի լցում տեղամասի հարմարեցման ժամանակ

Բուսահողի փոփոխություն մեխանիկական մըշակման, պարարտանյութեր մտցնելու և անտառահատման ժամանակ, արհեստական հողերի ստեղծում գետնի ռեկուլտիվացիայի ժամանակ

Գետի երկայնակի պրոֆիլի զարգացման բնահատում հիդրոտեխնիկական շինարարության հետևանքով

Գետային բերվածքների բաշխման փոփոխություն հիդրոտեխնիկական շինարարության հետևանքով

Գետահոսքի ուղղում

Ափերի պահպանում և առափնյա նստվածքների բաշխման փոփոխություն նավահանգրստային շինարարության հետևանքով

Մոլափնյա գծի դիրքի փոփոխություն ափերի պաշտպանելու և շերտերի վրա նոր հողեր յուրացնելու ժամանակ (մոլափնյա ափի շրջում և ծանծաղուտների լցում)

Երկրի մակերևութի իջեցում կարատային պրոցեսների հետևանքով (պոլյաներ)

Գետնաջրերի մակարդակի տատանում կլիմայական պայմանների փոփոխության հետևանքով

կարատագոյացում

Ատորգենայա զետերի գոյացում կարատային շրջաններում

Փլուզումների, սողանքների ու սելավների գոյացում լանջերի լերկացման ընթացքում

Սողանքների ու փլուզումների գոյացում երկրաշարժերի ժամանակ

Նստվածքակուտակում

Սառածություն գոյացում

Հսկվածական սառածության ղեկավարացիա

Մեակերիտային խառնարանների գոյացում

Մետեորիտային ձմեռներ

ՆԵՐԱՄԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ (բնությունում անդի և ունենում երկրի վրա ռադիոակտիվ Բայալման և երկրի ներքին բնությունը ազդեցությամբ)

Բնածին մետաղների գոյացում

Ջերմափոխանցում երկրի կեղևում

Երկրի կեղևի տարացում ռադիոակտիվ Բայալման հետևանքով

Տեկտոնիկ պրոցեսներից առաջացած սելավիկակառույցներ

Լավային հոսքերից առաջացած ավերածություններ

Կավային ապարների կոնտակտային փոխակերպություն

Ածխածնային ցեմենտով կոնգլոմերատների գոյացում

Դայկաների գոյացում

Սոսիդիանի գոյացում

Ալմաստների, սուտակների և կորունդի գոյացում

Մետաղների համալենտրոնացում մագմայի դիֆերենցիացիայի և ջրաջերմային փոփոխությունների ժամանակ

Երկրի մակերևութի իջեցում ատորգենայա փոքրածների վրա և զազի, նավթի ու ջրի հանման ժամանակ

Գետնաջրերի մակարդակի փոփոխությունը ջրացման, ոռոգման, ենթադրման, գետնաջրերը հանելու և ցանցների հետևողությամբ հետևանքով

Տեխնոգենային կարստի առաջացում

Հիդրոտեխնիկական թունելների կառուցում

Փլուզումների, սողանքների, սելավների գոյացում լանջերի վրա ծակոտկային ու ծրծանցման ճնշումների զարգացման և ենթակտրման ու բեռնավորման ժամանակ

Սողանքների ու փլուզումների գոյացում լանջերի ցնցման ժամանակ

Տեխնոգենային նստվածքների գոյացում

Գրունտի սառեցում

Տեխնոգենային տերմոկարստի առաջացում

Խոր հանվածքների պոկում օգտակար հանածոների բաց շահագործման ժամանակ

Ջերմամիջուկային ձմեռ

Մետաղների ստացում մետաղագործությունում

Ատորերկրյա ջերմության օգտագործում երկրաջերմային էներգետիկայում

Ռադիոակտիվ էլեմենտների միջուկների բաժանման էներգիայի օգտագործում ատոմային էներգետիկայում

Տեխնոգենային երկրաշարժեր ջրամբարներ լցնելու ժամանակ

Պայրար լավային հոսքերի դեմ և նրանցից պաշտպանում

Աղյուսի, խեցեղենի, հախճապակու ու ճենապակու ստացում

Բետոնի ստացում

Հիդրոտեխնիկական կառույցների անջրանցիկ ծածկույթների կառուցում

Ապակու ստացում

Արհեստական ալմաստների, սուտակների և կորունդի ստացում

Հանքանյութերի հարստացում

ՀԱՅՍՏԱՆԻ ԱՅԻՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ (ընտրություն տեղի են ունենում Արևի և աստղերի ընդերքում
ցածր շերտային միջուկային ունակ լինելի ազդեցությամբ)

Հեղինակի սինթեզ չբաժնից

Ջերմամիջուկային կենդանի ստացում ջր-
բաժնային ռուբրերի պայման ժամանակ և
շերմամիջուկային ռեակտորներում

ԿՈՍՄՈՍԻՍԵՆՍԻ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ (ընտրություն տեղի են ունենում գեոմորֆի բանկումների ժա-
մանակ՝ բարձր շերտային միջուկային պրոցեսների ազդեցությամբ)

Սանր էլեմենտների սինթեզ

Պլուտոնիումի ստացում ատոմային ռեակտոր-
ներում

ԿԻՆՍԵՆՍԵՆՍԻ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐ (ընտրություն տեղի են ունենում ներքի վրա հավանակո-
նային կապեր ունեցող բաց բարդ դինամիկ համակարգերի ինֆակազմակերպման ընդունակու-
թյան շերտիով)

Տվյալ տեսակի համար ամենաօգտակար օր-
դանական ձևերի բնական ընտրություն, որն
ուղեկցվում է նրանց մասնագիտացումով

Մարզու համար ամենաօգտակար ձևերի ար-
հեստական ընտրություն, որն ուղեկցվում է
նրանց դոմեստիկացությամբ

Բազմաթիվ մոտ ձևերի լայն բազմազանու-
թյուն, որը տանում է դեպի փոքր արեալներ
զբաղեցնող բազմաթիվ էկոլոգիական օրմնա-
խորշերի լրացմանը

Ոչ բազմաթիվ, իրարից ուժեղ տարբերվող
ձևերի լայն տարածում ներքի վրա, որը տա-
նում է դեպի բազմաթիվ էկոլոգիական օրմ-
նախորշերի զատարկմանը

Մասնագիտացված օրդանիզմների կորդումը
տեկտոնիկական ակտիվ զարաշրջանում՝ փոխ-
ված պայմաններում հարմարվելու անհնարի-
նության հետևանքով

Որդանիզմների բազմաթիվ տեսակների կոր-
դում տեկտոնիկական հանդարտ զարաշր-
ջանում՝ մարզու կողմից ուղղակի կամ անուղ-
ղակի ոչնչացման հետևանքով

Որդանիզմների նոր տեսակներ, ցեղերի, ըն-
տանիքների և ավելի բարձր տակառների ա-
ռաջացում

Գենային ինժեներիա

GEOLOGICAL PHENOMENA AND PROCESSES IN THE TECHNOGENE

GEORGE TER-STEPANIAN, Prof., Dr. Sc. (Eng.), Corr. Mem. Armen. Ac. Sc.¹

Synopsis. From the beginning of the Holocene, due to the transition from food appropriation to food production Man's activity became stronger and more intensive; it should be separated from the general group «activity of organisms» and considered an independent geological agent increasingly affecting the proceeding of many exogenous and some endogenous processes. The proceeding of this process during both the Proterozoic and the Phanerozoic (about 2.5 billion years) is compared with what occurs in Nature for the last 10 thousand years. The Earth surface changes rapidly. This makes it possible to state about the transition from the Quaternary or the Pleistocene to the Quinary or the Technogene, which started in the Holocene and will see in completely in the nearest millenium.

Man reproduces natural processes

Man's technical activity became a powerful geological agent influen-
cing increasingly the environment. This influence started in the begin-
ning of the Holocene, increased during the last centuries and became
quite evident nowadays. The recent scientific and technical publications
give enormous information regarding the changes in the environment
and their consequences. These changes are of prime importance not only
in the biological, ecological, economic or social respects, but are of geo-
logical significance too. In order to clear up this question different geo-

¹ Head, Laboratory of Geomechanics, IGES, Arm. Ac. Sc.

logical processes and phenomena are compared with results of Man's technical activity (Table).

Various geological agents acting on Earth's crust and processes caused by them in natural conditions are shown in the left part of the Table while some extraterrestrial agents and processes which never occurred on the Earth in natural conditions are shown in lower part of the Table. The neolithic and recent Man acting as a geological agent is shown in right part. One can see in the Table that Man reproduces, imitates, prevents or affects many geological and some extraterrestrial processes.

Climate and energy balance of the earth surface. Man uses increasingly different sources of energy delivered by the Sun now (wood), accumulated in the past (coal, oil, gas) and to be discharged in the future (geothermal heat, radioactive decay). Man approaches rapidly to the dangerous limit of the energy use which will bring the Earth to thermal death.

Physical weathering. Quarrying and mining are man-made rock breaking, the latter being made on the depth unusual for natural processes.

Removal of waste. The intensive deforestation of large areas caused soil erosion, barring of mountain slopes, forming deserts, landslides and mudflows, shallowing rivers, disastrous floods, accelerated washout, extending the big river deltas, etc. The amount of displaced substances nears to 10000 km³ annually and continues to increase rapidly.

Chemical weathering. Chemical engineering consists of different transformations. Due to the larger range of temperatures and pressures, the use of electric, magnetic, ultrasonic, radiation and other fields, choice of raw materials, their cleaning, etc., the artificial substances are much more varied compared to products of rock decay. Artificial rocks are produced—grouted soil, brick, concrete, ashes, slags, tailings, etc.

Relief. New technogenetic types of relief have been formed—areas of soil erosion and sand deflation due to deforestation, bad lands, man-induced deserts, accumulative ridges, terraced slopes, roads, dams, silted water reservoirs, deep opencast mines, waste dumps, spoil heaps, tailing piles, transport tunnels, bridges, towers, deep mines and finally cities which create a peculiar honeycomb-like structure composed of underground openings and hollow buildings.

Hydrogeological conditions. Big water reservoirs, irrigation, drainage, leakage from canals, water pipe-lines and sewers change considerably the ground water table. In cities supplied with water from remote sources a dome-like rise of the groundwater table occurs and swelling of expansive clays or settlement of collapsive loessial soils may take place. In cities supplied with underground water deep cones of influence are formed in the groundwater table and consolidation of clay strata due to the increase of effective stresses or restoration of karst processes are possible. The chemical composition of underground water changes due to pollution, leakage from conduits, waste leaching and infiltration of solutions (Legget, 1973).

Mass movement on slopes. Landslides in developed countries are caused mostly by unreasonable human activity, e. g. by excessive undercutting of slopes, deforestation, high pore pressure after watering, high seepage pressure due to rapid drawdown of water reservoirs, etc. (Bolt et al., 1977; Radbruch-Hall, Varnes, 1976; Shuster, 1979; Varnes, 1978; Záruba, 1982).

River erosion. Local base levels for the upstream parts of the drainage network are created due to the dam construction; the river bed erosion is stopped and deposits begin to accumulate in water reservoirs. The river regulation stops the lateral erosion. Intensive washout of banks accompanied by landslides occurs at water reservoirs in plains. Diversion of the run-off from one basin into other through the construction of hydroelectric plants changes the drainage system. A noticeable part of the river run-off is used by Man for his needs even now; most of it undoubtedly will be used repeatedly in the future, and the river erosion will be preserved in the upper reaches only.

Abrasion. Many sections of shores are protected with embankments, piers, breakwaters, quay walls from abrasion. Marches are protected by embankments and drained and shallow sea bottoms are filled up. The process of shore protection and sea bottom winning on shelves will continue. With the increase in the length of protected shores the role of abrasion will diminish (Розовский, 1979; Сепреев, 1982; Legget, 1973).

Sinking of the ground surface. Technogenetic subsidence of the ground surface results from mining and extraction of water, gas and oil.

Endogenous processes. The most important endogenous process reproduced by Man is the industrial production of as if «native» metals—iron, aluminium, copper, zinc, lead, tin, etc., although the technology is quite different. Human activity accelerates two kinds of endogenous processes which occur in Nature very slowly: radioactive decay of uranium-235 in atomic reactors and bombs, and convective heat exchange of the planet through using the underground heat in geothermal power plants. Man induces earthquakes by creating big water reservoirs; they have a double effect by increasing the load on the ground surface and by increasing the pore pressure, i. e. decreasing the shear strength of rocks (Bolt et al., 1977; Shuster, 1979; Carder, 1970; Chadwick, 1978). It is possible in principle to control the earthquakes by water injection or a series of deep blastings in the form of weak impacts producing trigger effects in seismic focuses aimed at successive discharge of accumulated tectonic stresses. Man can decrease materially the damage caused by small lava flows through bombing them. This method proved to be effective in cases of both pahoehoe and aa lavas (Bolt et al., 1977).

Extraterrestrial processes. Man reproduces two natural processes which never occurred on the Earth. The first one is the synthesis of helium from hydrogen. In natural conditions it takes place in the depth of stars by temperature about $1.5 \cdot 10^7$ °K; in technogenous conditions it forms when blasting H-bombs. The second process is the synthesis of transuranium metals from lighter elements. In natural conditions it takes place by outbursts of supernova as a result of instability at the late stages of evolution of the very massive stars by temperature about $6 \cdot 10^9$ °K. In technogenous conditions the plutonium (atomic number 94) is produced in atomic reactors as a by-product; this metal is unknown on the Earth.

Organic life. Because of the short duration of the Holocene the changes in organic life consist in the extinction of the existing species only but not the formation of new ones. The extinction of large mammals at the beginning of the Holocene is Man's action (prehistoric overkill) (Martin, 1967). The overkill continued in the historical time and reached a large scale in the last two centuries, particularly in North America and Africa (Dorst, 1965). More than 300 species of mammals and birds disappeared during the historical time.

The characteristic feature of Technogene is the irreversible change consisting in a new geographical distribution of animals and plants. A large number of species of plants and animals were domesticated and spread all over the world. Many endemic species have disappeared, some of them can exist now under human protection only.

Quite different is the selective role of predatory animals and Man. The former can cope with old or ill herbivorous animals only and thereby can assist the selection of healthy and strong ones. Man can cope with any animal and chooses the largest and the strongest as victims. As a result the population deteriorates (Паавер, 1965; Boessneck, 1958).

Correlation between natural and technogenous processes

Correlation between some natural and technogenous processes disclosed in the analogous effectes is given in Table. It should be born in mind that the rate of the technogenous processes exceeds that of the natural ones by several orders. This statement holds not only in reference to our tectonically calm time but with respect to the catastrophic phases of high tectonic activity in the past at transitions from one geological period to another as well. It should not be forgotten that these transitions lasted during hundred thousands and even millions of years.

CORRELATION BETWEEN NATURAL AND TECHNOGENOUS PROCESSES

NATURAL PROCESSES
(action of geological, cosmic and biological factors)

TECHNOGENOUS PROCESSES
(action of neolithic and modern Man)

EXOCENOUS PROCESSES (in Nature take place on Earth under action of reaching the earth surface Sun's electromagnetic radiation, water, wind and ice, meteoritic bombing and organisms paleolithic Man included).

Gradual decrease of the «greenhouse effect» beginning from the Proterozoic in consequence of CO_2 and water vapour content decrease and oxygen role increase

Extremely rapid increase of the «greenhouse effect» beginning from the 19th century in consequence of fossil fuel burning and CO_2 content increase

Transgressions in the interglacials in consequence of getting warmer and thawing the glaciers

Transgression due to thawing the continental glaciers in consequence of the technogenous heating of Earth's atmosphere

Physical weathering

Rock grinding in mining and construction

Chemical weathering

Change of substances in chemical engineering

Forming the relief

Changing the relief at forming the mining landscapes and construction of cities, roads, canals etc.

Denudation

Soil cutting in construction and soil transfer by ploughing on slopes

Subaerial accumulation

Soil filling at grading

Soil formation

Changing the soils at land tilling and fertilizing, deforestation, forming the artificial soils at land recultivation

Development of longitudinal profile of rivers	Stopping the longitudinal profile development of rivers at hydrotechnical construction
Stream erosion and subaqueous accumulation	Changing the distribution of fluvial deposits at hydrotechnical construction
Formation of meanders	Straightening of rivers
Coastal processes—abrasion and travel of littoral deposits under action of long-shore currents	Protection of coasts and changing the distribution of littoral deposits at port construction
Changing the position of the coastline under action of waves, upwashes and longshore currents	Changing the position of coastlines at coast protection and development of new lands on shelves (draining the sea bottoms and filling up the shoals)
Earth surface subsidence in consequence of karst processes (poljes)	Earth surface subsidence in consequence of mining, gas production and pumping out the water and oil
Ground water level oscillation in consequence of changing the climatic conditions	Ground water level change in consequence of draining, irrigation, underflooding, pumping out the groundwater and leakage from networks
Formation of karst	Origination of technogenous karst
Formation of underground streams in karst areas	Construction of hydraulic tunnels
Formation of rock falls, landslides and mudflows in denudation processes on slopes	Formation of rock falls, landslides and mudflows due to pore and seepage pressures, slope undercutting and loading the slopes
Formation of landslides and rock falls at earthquakes	Formation of landslides and rock falls due to slope vibration
Sedimentation	Formation of technogenous deposits
Formation of permafrost	Soil freezing
Degradation of permafrost	Formation of technogenous thermokarst
Formation of meteoritic craters	Formation of deep quarries at opencast mining
Meteoric winters	Thermonuclear winter

ENDOGENOUS PROCESSES (in Nature take place on Earth under action of radioactive decay and internal heat of Earth)

Formation of native metals	Production of metals in metallurgy
Heat transfer in Earth's crust	Use of underground heat in geothermal power
Heating the Earth's crust as a result of radioactive decay	Use of fission energy of radioactive elements in atomic power
Seismicity caused by tectonic processes	Technogenous earthquakes at filling the water reservoirs
Demolition caused by lava flows	Control of lava flows and protection from them
Contact metamorphism of clay rocks	Production of brick, ceramics, pottery and porcelain
Formation of conglomerates with carbonate cement	Production of concrete

Formation of dikes

Construction of impervious curtains in water-development works

Formation of obsidian

Production of glass

Origination of diamonds, rubins and corundum

Production of artificial diamonds, rubins and corundum

Metal concentration in consequence of magma differentiation and hydrothermal alteration

Ore benification

HELIOGENOUS PROCESSES (in Nature take place in interior of the Sun and stars under action of low-temperature nuclear reactions)

Synthesis of helium from hydrogen

Production of thermonuclear power by blasting the hydrogen bombs and in thermonuclear reactors

COSMOGENOUS PROCESSES (in Nature take place during supernova outbursts under action of high-temperature nuclear reactions)

Synthesis of heavy metals

Production of plutonium in atomic reactors

BIOLOGICAL PROCESSES (in Nature take place on Earth in consequence of ability of open dynamic systems with probabilistic bonds to self-organization)

Natural selection of the most favourable for the given species organic forms accompanied by their specialization

Artificial selection of the most profitable for Man organic forms accompanied by their domestication

Wide variety of numerous close forms leading to filling of great quantity of ecological niches with small areas

Wide prevalence of few, very distinguishing species all over the world leading to desertion of many ecological niches

Extinction of specialized organisms in tectonically active epochs as a result of impossibility to fit up for changing conditions

Extinction of many species of organisms in tectonically calm epoch as result of direct or indirect extermination by Man

Origination of new species, genera, families and higher taxons of organism

Gene engineering

Human activity—a new geological agent

The last milleniums and especially this century are characterized by the increasing human interference in the life harmony in Nature established during more than three billion yeors. The battle for survival accompanied by the extermination of living beings is a necessary element of this harmony, its causes being well known. Naturally the numerical and specific composition of microorganisms, plants, fungi and animals forming the biosphere has been changed frequently during this period depending on variaton of global and local conditions. Yet the universal and rapid worsening of the environmental situation, the opression of life and the pollution taking place nowadays has no analogy in the past. Biological, ecological, engineering geological, economic and social consequences of these changes were studied. However no geological consequences have been drawn until now. It is generally accepted that we live in the Quaternary. Is it so?

Previous geological periods are measured by tens of millions of years; this is considerably longer than the duration of the past part of the Quaternary composing no more than 2.5 million years. Nevertheless this does not mean that we live in the very beginning of the recent period. There are serious reasons to suggest that the Quaternary is not a long period. It is obvious from the above-mentioned that the course of exogenous processes, the general character of organic life and the face of the Earth in the not too remote future will be subjected to changes comparable or even surpassing those inherent in transition from past geological periods to subsequent ones.

The cause of these changes is the gradual development during the last millenniums and enormous increase during this century of a new, previously unknown geological agent influencing increasingly the course of a number of geological processes. This new geological agent is the unreasonable and reasonable human activity (Ter-Stepanian, 1983); it acts both directly as through transportation of rock masses and indirectly, increasing or decreasing the intensity of the remaining geological agents (Legget, 1968; Sherlock, 1922).

Organisms—microbes, plants and animals in the aggregate are one of the geological agents. Their action known for the last 3.5 billion years contrary to other geological agents such as water, ice or wind is distinguished for planned character and purposefulness, otherwise these organisms could not survive. Even the most primitive creatures as amoebas are able to act intentionally. The ability for conscious actions increases in animals with development of the nervous system and reaches a high degree in mammals, especially in dolphin and ape families.

During the lengthy period of his development Man was and remains now a component of Nature. **Human influence as a geological agent during the time before the Holocene was comparable and did not differ in principle from the action of other living creatures as plants, corals, mollusks, earth-worms, bees or beavers.** The common distinctive feature of these so differing organisms is the extraction from the environment of no more substances than is necessary for their existence. Man maintained his existence by hunting and food gathering as many other species which lived simultaneously with him and he led the same predatory mode of life as his environment. This very long time interval covering a considerable part of the anthropogenesis was characterized economically by **food appropriation.**

Invention of fire making procedure, the tool fabrication or collective hunting made paleolithic Man stronger in his competitive struggle with other animals and formed him as a biological species or social being but it changed nothing regarding his interrelationship with Nature in the geological sense. **Paleolithic Man as the geological agent was in no way different from the other animals.**

The situation changed in principle after the transition to agriculture and cattle-breeding, i. e. to **food production** (neolithic revolution) (Childe, 1948). The process was accompanied by the population explosion, origin of family, private property, accumulation of wealth and the transition from matriarchy to patriarchy. Naturally this very important qualitative transition did not take place at the same time everywhere. It started about nine or ten thousand years ago at the beginning of the Holocene in the latitudinal strip stretching through North Africa and South Asia, and later on spread to South Europa and Central America. In the geological time scale this transition was extremely rapid. Virgin dense forests were cut clear and burned in this strip for growing cere-

als and grazing cattle. These primitive fields and pastures gave up partly their place to steppes, and later on to semideserts and deserts due to desertification. Man began to conquer Nature trying to dominate it and transform it according to his interest. Being able to accumulate wealth he extracts more products than is necessary for his existence. Hunting and food gathering are of no importance in modern economics, the main source of food products being the agriculture and cattle-breeding. Intensive agrotechnics and specialized cattle-breeding replaced the former primitive farming.

Remaining within Nature, Man can perceive her laws and apply them according to his intentions. Being as selfish as other organisms, Man distinguishes himself by the wider ability of planning the results of his activity, as alimentary or economic. Acting by the trial and error method he can foresee in the present stage of his development the ecological and engineering geological consequences also, but the immediate ones only. Certainly, as his intellect develops, Man will be able to foresee the more remote ecological and engineering geological consequences. Thereby his actions will be more and more reasonable and he will thus come closer to having the right to feel himself the Master of Earth. All the above enables us to separate the human activity from the beginning of the Holocene by virtue of new important distinctive features from the common group «activity of organisms» and consider it as independent geological agent (Ter-Stepanian, 1983; Тер-Степанян, 1985).

The Holocene—beginning of a new geological period—the Technogene

In the light of the above deep and fundamental changes, which will increase undoubtedly in future, the Holocene should be considered as a transition epoch from the Quaternary or the Pleistocene to the Quinary or the Technogene (Ter-Stepanian, 1983). Island-like districts of human influence, at first weak but increasing with time, were formed on the Earth during this epoch. These «Quinary» districts increased on the common «Quaternary» background, merged together, turned into vast «Quinary» regions enveloping the greater part of the Earth surface and became more intensive.

The most intensively developed Technogene regions are now megalopolises—extremely urbanized strips of continuous highly concentrated population, as on the Atlantic shore of the USA. This is also confirmed by the high level of urbanization of some countries: in France, Canada and Japan about 75% of population lives in cities and towns, in Australia and U. K. more than 80% and in F. R. Germany—88%. Less intensively developed Technogene regions are the major portions of other industrial and agrarian countries of Europe, Asia and North America, in a lesser degree those of South America, Africa and Australia. However there are no genuine «Quaternary» areas on the Earth; acid rains fall even in Greenland.

The rate of industrialization and technogenetic transformation of the Earth surface is evident from the following comparison: the area occupied by buildings, roads and other engineering structures amounts now to 4% of the total dry land and will comprise 15% by the year 2000 (Cepreeb, 1982).

The extremely rapid decrease in numerical and specific content of wild plants and animals in the course of only one century not evident in any single previous transition epoch of the organic life history of the Earth; vast fields occupied by few species of cultivated plants; few spe-

species of domesticated animals of many million heads; urban and mining landscapes, roads, dams, means of the sea, land and air transport or the increasing pollution and poisoning of the environment—its soil, water and air are completely Technogene phenomena too.

All this marks the transition from the Quaternary or the Pleistocene to the Technogene, which began in the Holocene in some parts of the Earth, became quite noticeable nowadays and will set in completely during the next millenium, much quicker than the change of the preceding geological periods. The Earth surface and organic life will change considerably in comparison of what is known about the past geological periods.

Undoubtedly the idea that the Quaternary, having begun 2.5 million years ago, has already been terminated will arise no enthusiasm in geologists accustomed to understand the term «geological period» as a time interval measured by tens of millions years. Nevertheless it is so.

The boundary between the Upper Pleistocene and the Holocene is not uniformly accepted. It would be well founded to time the lower boundary of the Holocene to the sharp growing warm in Europe which took place about 10300 years ago. In this case the Quaternary will be defined as the time interval between the first sharp growing cold and the last sharp growing warm.

The Holocene should be classed with the Technogene; the beginning of this transition epoch was characterized by a completely Quaternary situation while its end will be marked by a completely Technogene one. It will set in fully during the nearest millenium, much quicker than the change of preceding geological periods.

Rightfulness of separating the Technogene

Three main objections against separation of the Technogene may be foreseen: 1) absence of new genera and species of fauna; 2) resulting brevity of the Technogene; 3) the present is not a new period but the continuation of the Quaternary.

Concerning the first objection it should be mentioned that the paleontological method is applicable to the Phanerozoic only and not completely either since the Quaternary was separated on the basis of turning cold and was further subdivided according to climato-stratigraphical features. The absence of new genera and species cannot serve as an obstacle for separating the Technogene since it is determined quite differently—by the geologic activity of Man. Finally it is wrong to think that the coming of a new geological period should be marked by the appearance of new species only; it may be characterized by mass extinction of the existing species too as it happens nowadays.

Concerning the second objection it should be kept in mind that while approaching the present the subdivisions must become shorter in conformity with extension of our knowledge and density of information (Fairbridge, 1968). This may be illustrated by decreasing the duration of geological eras: the Paleozoic lasted 340 million years, the Mesozoic—163 million years and the Cenozoic—67 million years. There is one more argument in favour of separating the Technogene. The great continental glaciation in the Quaternary was not the sole. There were several large and long glacial epochs in the history of the Earth: in the Early Proterozoic,

about 2.3 billion years ago; in the Late Proterozoic, 950—900, 750 and 600 million years ago; in the Late Ordovician, about 450 million years ago; and the most known one in the Upper Carboniferous, which lasted about 40 million years (310—270 million years ago) (John, 1979). However these glacial epochs were never considered separate geologic periods. The last glacial epoch was separated as an independent geological period not because it differed particularly from the preceding ones but owing to its great role for the humanity and for its better study.

Concerning the third objection it should be noted that although the Quaternary has been defined by many authors as based on turning cold and appearance of Man, the latter indication is rather symbolic. All subdivisions of the Quaternary are made proceeding from the climatic changes only. Even such an important for the anthropology fact as the appearance of the modern type Man—*Homo sapiens* about 55 thousand years ago has no influence on the subdivisions of the Quaternary. It is quite comprehensible and corresponds to the above conclusions that the paleolithic Man as a geological agent in no way differed from other living beings. The difference arose in the Holocene only when Man in the course of neolithic revolution went over to food production. If Man did not change to the agriculture and cattle-breeding, and later on to the industrial production, the present should be considered as an ordinary interglacial of the Quaternary. Such are the materialistic fundamentals of separating the Technogene.

There are even more reasons for separating the Technogene compared with the Quaternary. Firstly, it is the action of a new, previously unknown and very powerful geological agent, and secondly the significance of this period for the humanity. The understanding of the role and place of the Technogene in the system of thinking is necessary for a correct evaluation of the modern trends of the Earth's face development and the possibility of geological prognoses which are most immediately related to the future of our civilization.

ҒЫЛЫМИ-ӘДІСІ—ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

- Энгельс Ф. 1967. Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека. — Маркс К., Энгельс Ф., Соч., 2-е изд. т. 20, с. 486—499.
- Адилов М. Т. 1980. Региональная инженерная геология в связи с задачами эффективности в проектно-строительном деле и охраны геологической среды (на примере Казахстана). — Инженерная геология, № 1, с. 14—19.
- Афанасенко В. Е., Графский Б. В., Романовский Н. Н. и др. 1983. Основные особенности инженерно-геологических условий зоны освоения БАМ. — Инженерная геология, № 2, с. 24—38.
- Баладин Р. 1980. Пустыня—порождение цивилизации. — Химия и жизнь, № 6, с. 34.
- Баладин Р. 1983. Геологическая эпоха, в которую мы живем. — Наука и жизнь, № 1, с. 40—47.
- Баулин В. В., Чернядьев В. П. 1979. Мерзлотные условия Западной Сибири и вопросы их исследования в связи с переброской части стока рек в южные районы. — Инженерная геология, № 5, с. 23—28.
- Белый Л. Д., Чернышев С. Н. 1979. Анализ инженерно-геологических условий строительства гидротехнических сооружений. — Инженерная геология, № 1, с. 31—37.
- Болт Б. А., Хори У. Л., Макдональд Г. А. и др. 1978. Геологические стихии—землетрясения, цунами, извержения вулканов, лавины, оползни, наводнения. М., Мир.
- Бронштейн Б. Е. 1983. Инженерно-геологические основы рекультивации геологической среды. — Инженерная геология, № 2, с. 15—23.
- Будыко М. И. 1984. Эволюция биосферы. Л.
- Буланже Ю. Д., Никонов А. А. 1973. Современные движения земной коры. — Вестник АН СССР, № 9, с. 72—81.

- Азарашвили Н. Г. 1983. Геологические процессы и явления в зоне строительства морских гидротехнических сооружений и мероприятия по улучшению береговой ситуации. — *Инженерная геология*, № 4, с. 51—62.
- Айханова А. Н., Селезнев В. Н. 1979. Значение инженерно-геологических особенностей пород надрудной толщи при разработке их комплексами непрерывного действия (на примере КМА). — *Инженерная геология*, № 4, с. 65—71.
- Бернадский В. И. 1944. Несколько слов о ноосфере. — *Успехи современной биологии*, т. 18, вып. 2.
- Бернадский В. И. 1977. Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М., Наука, 191 с.
- Боронкевич С. Д. 1980. О техногенно-геохимических системах в инженерной геологии. — *Инженерная геология*, № 5, с. 3—13.
- Боронкевич С. Д. 1984. Инженерно-геохимические аспекты техногенеза. — *Инженерная геология*, № 3, с. 67—78.
- Брофштейн И. Д. 1970. О техногенных движениях земной поверхности. — *Советская геология*, № 4, с. 160—165.
- Бранов В. Д. 1982. Глобальные экологические проблемы и идеологическая борьба. — В кн.: *Город, природа, человек (Проблемы экологического воспитания)*. М., Мысль, с. 29—40.
- Брафский Б. В., Красинская А. М., Чернова И. А. и др. 1980. Инженерно-геологические условия Тобольско-Тургайского отрезка трассы главного канала Иртыш—Аральское море и прогноз их изменений после строительства канала. — *Инженерная геология*, № 3, с. 21—25.
- Брафский Б. В., Слободской Н. Я., Кубринский Р. З. 1982. Роль плоскостного смыва в формировании инженерно-геологических условий канала Иртыш—Аральское море на Тургайском участке трассы. — *Инженерная геология*, № 4, с. 60—62.
- Бромов В. И. 1948. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода территории СССР. — *Тр. Геол. ин-та АН СССР, сер. геол.*, вып. 64, № 17.
- Демидюк Л. М., Степанова С. Г. 1983. Вопросы методики гидрогеологического прогноза при сооружении трубопроводов. — *Инженерная геология*, № 4, с. 90—101.
- Джон Б., под ред. 1982. Зимы нашей планеты. Земля подо льдом. М., Мир.
- Довгопол В. И. 1978. Использование шлаков черной металлургии. М., Металлургия.
- Добродеев О. П., Баденков С. В., Голиков А. Н. и др. 1982. Изучение распределения тяжелых металлов в толще верховых торфяников—основа для оценки уровня загрязнения современной атмосферы — Тезисы докладов XI конгресса ИНКВА. М., т. 3, с. 125.
- Варич З. 1981. Энергетические ресурсы мира. — *Курьер Юнеско*, август, с. 17—31.
- Визангиров Р. С., Воскресенская Л. С., Афонин А. П. и др. 1980. Инженерно-геологическая характеристика техногенных отложений Москвы. — *Инженерная геология*, № 1, с. 38—50.
- Визангиров Р. С., Черняк Э. Р. 1979. Инженерно-геологические свойства нефелиновых песков—отвалов апатито-нефелинового производства в связи с их складированием. — *Инженерная геология*, № 5, с. 66—77.
- Волотарев Г. С., Рагозин А. Л. 1979. Закономерности формирования склонов Днестра и методика прогноза их переработки при нестационарном уровненом режиме водохранилищ. — *Инженерная геология*, № 6, с. 47—63.
- Вирквелия Б. Д. 1980. Инженерно-геологическое районирование мыса Пицунда и прилегающего шельфа в связи с оценкой изменения геологической среды под влиянием деятельности человека. — *Инженерная геология*, № 4, с. 68—73.
- Жид Н. В. 1982. Некоторые проблемы палеогеографии позднего плейстоцена и голоцена Северной Евразии и Америки. — В кн.: *Проблемы геологии и истории четвертичного периода (антропогена)*. М., Наука, с. 213—226.
- Жотлов Ф. В. 1977. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М., Наука.
- Жреник Я. А., Оникенко Т. С. 1980. Переформирование чаши и берегов искусственных водохранилищ в криолитозоне. — *Инженерная геология*, № 3, с. 120—129.
- Жрючков В. В. 1976. Чуткая субарктика. М., Наука.
- Жюера Э. 1984. Они писали на глин, М., Наука.
- Жюнель В. В., Круподеров В. С., Несветайлова Н. Г. и др. 1979. Прогнозирование экзогенных геологических процессов в зоне влияния переброски стока сибирских рек. — *Инженерная геология*, № 5, с. 16—22.
- Ланно Г. М. 1972. Рассказы о городах. М., Мысль.
- Letter P. 1969. Человек как геологический агент. — *Бюл. МОИП, отд. геологии*. Нов. сер., № 1.
- Letter P. 1976. Города и геология. М., Мир.

- Ломтадзе В. Д. 1981. Инженерная геология месторождений твердых полезных ископаемых. — Инженерная геология, № 2, с. 3—15.
- Лычко Ю. М. 1983. Инженерно-геологическая характеристика некоторых типов техногенных грунтов. — Инженерная геология, № 1, с. 28—36.
- Марков Г. А., Панасенко Г. Д., Яковлев В. М. 1980. Прецизионные измерения техногенных деформаций в массиве. — Инженерная геология, № 4, с. 110—116.
- Мединков Б. М. 1977. Ламарк и Дарвин. — Биология в школе, № 4, с. 10—14.
- Нейштадт М. И. 1969. Введение. — В кн.: Голоцен: К VIII конгрессу INQUA. Париж. М., Наука, с. 5—12.
- Никифорова К. В. 1982. Объем четвертичной системы. Стратиграфическое расчленение и корреляция верхнеплиоценовых и четвертичных отложений. — В кн.: Проблемы геологии и истории четвертичного периода (антропогена). М., Наука, с. 8—89.
- Николаев Н. И. 1972. Водохранилища и землетрясения. — Изв. АН СССР. Физика Земли, № 8.
- Новожилов В. Н. 1980. Рациональное использование и охрана геологической среды при разработке полезных ископаемых карьерами. — Инженерная геология, № 5, с. 25—28.
- Паавер К. 1965. Формирование териофауны и изменчивость млекопитающих Прибалтики в голоцене. Тарту, Ин-т ботаники АН ЭССР.
- Павлов А. П. 1936. Геологическая история европейских земель в связи с историей ископаемого человека. М.—Л., Изд. АН СССР, 343 с.
- Розовский Л. Б. 1979. Строительство на акваториях и морская инженерная геология. — Инженерная геология, № 2, с. 11—22.
- Рябчиков А. М. 1973. Структура и динамика геосферы, ее естественное развитие и изменение человеком. М., Мысль.
- Сергеев Е. М. 1979. Инженерная геология—наука о геологической среде. — Инженерная геология, № 1, с. 3—19.
- Сергеев Е. М. 1982. Воздействие человека на литосферу, понятие «геологическая среда». — В кн.: Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. М., Наука, с. 11—36.
- Сергеев Е. М., Быкова В. С., Минервин А. В. и др. 1982. Методологические основы и методика составления карты распространения и прогноза продуктивности лесовых пород СССР. — Инженерная геология, № 3, с. 36—43.
- Сергеев Е. М., Трофимов В. Т., Герасимова А. С. 1979. Инженерно-геологические условия Западно-Сибирской плиты и проблема их изменения в связи с переброской части стока рек региона в Среднюю Азию. — Инженерная геология, № 6, с. 16—24.
- Сидоренко А. В. 1982. Биосфера и рациональное природопользование. — В кн.: Город, природа, человек. М., Мысль, с. 206—230.
- Сквадский Е. М. 1980. Инженерно-геологические прогнозы при мелиорации земель и их связь с пригационно-хозяйственными факторами. — Инженерная геология, № 5, с. 29—39.
- Скворцов Г. Г., Гамалей Б. М., Фромм В. В. 1976. Инженерно-геологические явления при горных работах, их изучение и прогноз в связи с задачами охраны природной среды. — В кн.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Гидрогеология аридной зоны. М., Наука, с. 198—202.
- Сковрон С. 1965. Развитие теории эволюции. Варшава, Польское гос. мед. изд-во.
- Соколов В. Н., Лапочкин Б. К. 1979. Инженерно-геологические особенности павильных грунтов гидроотвалов Кузбасса. — Инженерная геология, № 5, с. 57—65.
- Солоненко В. П. 1979. Инженерная сейсмология и сейсмокриология Байкало-Амурской железной дороги. — Инженерная геология, № 6, с. 3—15.
- Стратиграфия СССР, 1982. Четвертичная система, полутом I, М., Недра, 443 с.
- Сулейманов Д. М., Гусейнова А. А., Бабинова А. Г. 1979. Инженерно-геологическая характеристика глинистых грунтов морских нефтегазопосных площадей Азербайджана. — Инженерная геология, № 3, с. 98—103.
- Тейяр де Шарден П. 1965. Феномен человека. М., Прогресс.
- Тер-Степанян Г. И. 1982. Начался ли пятеричный период? — Тезисы докладов XI конгресса ИНКВА. М., т. 3, с. 312—313.
- Тер-Степанян Г. И. 1985. Начало пятеричного периода или техногена. — Сообщ. Лаборатории геомеханики. Ереван, № 5, 100 с.
- Тимофеев Д. А. 1981. Старые и новые пути развития геоморфологии. — Геоморфология, № 4, с. 31—43.
- Тофанюк Ф. С. 1982. Новые результаты многолетних наблюдений за режимом влажности и температуры в лессовых толщах в связи с подтоплением территории. — Инженерная геология, № 4, с. 63—71.
- Трофимов В. Т., Баду Ю. Б. 1981. Региональный прогноз величин осадков оттаивания многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. — Инженерная геология, № 1, с. 101—112.

- Фирсенкова В. М. 1982. Деятельность человека и рельеф (на примере Курской модельной области). — *Геоморфология*, № 3, с. 81—92.
- Хотинский Н. А. 1969. Корреляция голоценовых отложений и абсолютная хронология схемы Блitta-Сернандера. — В кн.: Голоцен: к VIII конгрессу INQUA, Париж. М., Наука, с. 78—90.
- Чемехов Ю. Ф. 1982. Техногенные отложения. — Тезисы докладов XI конгресса ИНКВА. М., т. 3, с. 339—340.
- Швецов П. Ф. 1979. О нерешенных и новых проблемах инженерной геокриологии. — *Инженерная геология*, № 2, с. 3—10.
- Шукин И. С. 1964. Общая геоморфология. т. 2. М., Изд. МГУ, 564 с.
- Яншин А. Л. 1981. Методологическое значение учения В. И. Вернадского о биосфере и преобразования ее в ноосферу. — В кн.: Методология науки и научный прогресс. Новосибирск, Наука, с. 194—204.
- Berberi F., Casparini P. 1976. Volcanic hazards. — *Bull. Intern. Assoc. Eng. Geol.*, Krefeld, No. 14, p. 217—232.
- Boessneck J. 1958. Zur Entwicklung vor- und frühgeschichtlicher Haus- und Wildtiere Bayerns im Rahmen der gleichzeitigen Tierwelt Mitteleuropas. Studien an vor- und frühgeschichtlicher Tierresten Bayerns. 11. München.
- Bolt B. A., Horn W. L., MacDonald G. A. et al., 1977. Geological hazards, Springer Verlag, Berlin.
- Carder D. S. 1970. Reservoir loading and local earthquakes. — *Bull. Geol. Soc. Am.*, 81 (8).
- Chandwick W. L. 1978. Survey of seismic activity associated with large dams. — In: Environmental effects of large dams, USCOLD report, ASCE, p. 187—210.
- Childe V. C. 1948. Man makes Himself. London.
- Dorst J., 1965. Avant que nature meure. Switzerland.
- Fairbridge R. W. 1968. Quaternary period. — In: The Encyclopedia of Geomorphology (ed. R. W. Fairbridge), New York, p. 912—928.
- Knight M. J., Leonard J. P., Whieley R. J. 1978. Lucas Heights solid waste landfill and downstream leachate transport—a case study in environmental geology. — *Bull. Intern. Assoc. Eng. Geol.*, Krefeld No. 18, p. 45—64.
- Legget R. F. 1968. Man as a geological agent. — *Věstník ústředního ústavu geologického*, Ročník XLIII, číslo 4, st. 241—243.
- Legget R. F., 1973. Cities and Geology. McGraw-Hill, Book Co., New York.
- Le Roy E. 1927. L'exigence idealiste et le fait d'évolution, Paris.
- Martin P. S. 1967. Prehistoric overkill. — In: Pleistocene extinctions (eds. P. S. Martin and H. D. Wright), New Haven, p. 75—120.
- Neall V. E. 1976. Lahars as major geological hazard. — *Bull. Intern. Assoc. Eng. Geol.*, Krefeld, p. 233—240.
- Radbruch-Hall D. H., Varnes D. J. 1976. Landslides—cause and effect. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.*, Krefeld No. 14, p. 205—216.
- Sherlock R. L. 1922. Man as a geological agent. An account on his action on inanimate nature. London.
- Shuster R. L. 1979. Reservoir-induced landslides. *Bull. Int. Ass. Eng. Geol.*, Krefeld No. 20, p. 8—15.
- Sowers G. F. 1973. Settlement of waste disposal fills. — *Proc., Eight Intern. Conf. Soil Mech.*, Moscow, v. 2.2, p. 207—210.
- Ter-Stepanian G. 1983. Did the Quaternary start? Abstracts, XI Congress, Intern. Union for Quaternary Research, Moscow 1982, Moscow, p. 260.
- Varnes D. 1978. Slope movement types and processes. — In: Landslides: Analysis and control, R. L. Schuster and R. J. Krizek, eds., Nat. Ac. Sc., Washington, D. C., p. 11—33.
- Záruba Q., Mencl V. 1982. Landslides and their control. 2nd ed. Akademia, Praha, 324 p.