

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

И. А. КАРЛОВИЧ

ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

Учебное пособие



Владимир 2020

УДК 502/504: 55.574; 624.131
ББК 28.081
К21

Рецензенты:

Кандидат географических наук, профессор
зав. кафедрой экономической и социальной географии
Московского государственного областного университета
А. В. Волгин

Доктор педагогических наук, профессор
зав. кафедрой геологии и геоэкологии Российского государственного
педагогического университета им. А. И. Герцена
Е. М. Нестеров

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Карлович, И. А.

К21 Основы региональной геоэкологии : учеб. пособие /
И. А. Карлович ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. –
Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 100 с.
ISBN 978-5-9984-1164-9

Посвящено проблеме взаимодействия общества и природы на региональном уровне. Одной из главных проблем современности является загрязнение компонентов природы техногенными веществами в регионах. Рассмотрены проблемы устойчивого развития окружающей среды в процессе использования ресурсов в регионах России. Приведены данные об условиях миграции загрязнений в разных сферах биосферы на региональном уровне.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям бакалавриата 44.03.05 – Педагогическое образование (профили Биология. География, Биология. Химия) и магистратуры 44.04.01 – Педагогическое образование (профиль Биолого-географическое образование), специалистов, преподавателей вузов, учителей географии и всех, кому не безразлична экология планеты.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 15. Ил. 24. Библиогр.: 10 назв.

УДК 502/504: 55.574; 624.131
ББК 28.081

ISBN 978-5-9984-1164-9

© ВлГУ, 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Новое научное направление – геоэкология – возникло в недрах географических и биологических дисциплин как результат неудовлетворенности их ограниченностью и требование времени в решении региональных и глобальных экологических проблем.

Ученые многих стран задаются вопросами: как восстановить равновесие между природой и обществом? Что делать с накопленной на планете массой техногенного вещества, которая по своим масштабам стала приближаться к продуцированию органического вещества биосферы? Возникла реальная угроза нанесения ущерба экологическим функциям компонентов природы антропогенной деятельностью общества. Где границы вседозволенности антропогенного преобразования природы в регионах, за которыми начинается кризис? Отсюда объяснимы проблемы устойчивого развития регионов и природопользования на современном этапе. С этими проблемами тесно связаны ресурсные циклы, позволяющие прогнозировать естественный массообмен вещества и энергии и выделять территории с преимущественным развитием биогенной и техногенной форм миграции элементов.

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии приоритет отдается региональной геоэкологии, поэтому и рассматриваемые проблемы в основном будут носить территориальный характер.

Антропогенное воздействие на природу получило развитие в связи с научно-технической революцией. Середина XIX века, весь XX век и начало XXI века ознаменовались активным и масштабным вмешательством общества в природу.

По масштабам антропогенного и техногенного воздействия на компоненты природы принято различать локальное, региональное и глобальное воздействия.

К локальным относят воздействия на территориях, непосредственно примыкающих к источнику загрязнения: территории вокруг промышленных предприятий в радиусе первых километров, компоненты природы которых оказались подверженными воздействию выбросов от стационарных источников городов, предприятий, рудников, животноводческих комплексов.

Региональное загрязнение формируется на основе суммы действий локальных источников (автотранспорт, промышленные предприятия и пр.). При росте количества промышленных предприятий на небольшой территории увеличивается объем загрязнений. Сошлемся на известный в России горно-обогатительный комбинат «Печенганикель», который представляют предприятия г. Заполярного и пос. Никель, загрязняющие техногенными металлами большие площади регионального порядка (см. рисунок).



а)



б)

Трансграничное воздействие на ландшафты Северной Финляндии и Северо-Восточной Норвегии, вызванное промышленными выбросами горно-обогатительного комбината «Печенганикель», расположенного в г. Заполярном и пос. Никель на Кольском полуострове: а – зоны повреждения древостоев сосны обыкновенной разной степени тяжести: 1 – зона слабого повреждения, 2 – умеренного, 3 – сильного; б – зона превышения концентрации никеля в биомассе ягод черники сверх санитарно-гигиенической предельно допустимой концентрации [5]

Другой пример. Источником регионального техногенеза меди считаются месторождения Норильского рудного района (сульфидные медно-никелевые месторождения Норильское, Талнахское, Октябрьское и др.), а также на Урале (Красноуральская, Кировоградская, Блявинская, Учалинская, Караташская и другие медно-колчеданные обогатительные фабрики), на Северном Кавказе (Урупское и Худесское медно-молибденовые месторождения), в Центральной России (группа железорудных месторождений Курской магнитной аномалии (КМА) – Белгородская, Курская, Орловская области) [6].

Итак, определяющим моментом в оценке степени деградации природы выступает территория, точнее, ее размеры и способность сохранять экологические функции. Почти все компоненты природы России оказались в разной степени подвержены техногенному и антропогенному воздействию [3; 4]. В ряде регионов исчезли первозданные ландшафты по причине добычи полезных ископаемых карьерным (отвальным) способом. Природные ландшафты были заменены на антропогенные по мере роста количества городов, инженерных коммуникаций (трубопроводов, нефтепроводов, газопроводов и др.). По высказыванию С. П. Горшкова [4], многие регионы из «зеленых» превратились в «серые» за счет горных отвалов, городского мусора, хвостов от обогатительных фабрик и пр.

Иными словами, в учебном пособии сделана попытка установить связь между состоянием окружающей среды в регионах и природопользованием посредством геоэкологии.

Родоначальниками изучения состояния окружающей среды считаются биологи и географы. Остановимся на работах Ю. Одума [8], Д. А. Арманды [1], Б. В. Виноградова [2] и др. Так, по Ю. Одуму, экология трактуется как наука о структурах и функционировании природы. Соединение наработок перечисленных исследователей с развитием природных ландшафтов позволило им предложить новое направление в экологии – ландшафтную экологию [1; 4]. Суммируя наработки ученых, Б. В. Виноградов пишет о взаимоотношении живых организмов с окружающей средой: «...объектом исследования ландшафтной экологии служат локальные, региональные, зональные и глобальные экосистемы, ранжированные по структуре, рисунку и функциям» [2]. Вскользь указывается роль антропогенеза в преобразовании природы. Э. Г. Коломыц пишет: «Проблема сохранения лес-

ных экосистем и воспроизводства лесных ресурсов у южной границы лесного пояса умеренных широт всегда была актуальной для Европейской России, в пределах которой обширная переходная полоса от леса к степи составляет индустриальное и демографическое ядро нашей страны» [7].

Список основных источников

1. Арманд Д. А. Информационные модели природных комплексов. М. : Наука, 1975. 126 с.
2. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. М. : ГЕОС, 1998. 418 с.
3. Глазовский Н. Ф. Эффективность использования природных ресурсов и возможные пороки развития // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Белгород, 2004. С. 9 – 15.
4. Горшков С. П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск : Изд-во Смол. гуманитар. ун-та, 1998. 448 с.
5. Григорьев А. А., Кондратьев К. Я. Геодинамика и геополитика. В 2 т. Т. 2. Экологические катастрофы. СПб. : Гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. 2001. 687 с.
6. Карлович И. А. Геоэкология. М. : Академический проект, 2015. 500 с.
7. Коломыц Э. Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М. : Наука, 2008. 427 с.
8. Одум Ю. Основы экологии. М. : Мир, 1975. 740 с.

Глава 1. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЕОЭКОЛОГИИ

1.1. Постановка проблемы

Технический прогресс в обществе признан. Появилась реальная возможность замены естественной природы на искусственную, созданную с помощью техники. За это придется расплачиваться депопуляцией до приемной численности населения, не говоря о других представителях биоты.

Наиболее близкими к решению проблем экологии окружающей среды (ОС) оказались исследования отечественных и зарубежных специалистов, вобравших достижения экологии XX века, на базе биогеохимической дисциплины. Среди российских ученых это известные работы А. И. Перельмана, В. В. Добровольского, В. А. Алексеенко и др. Современная ситуация такова, что накопленное значительное количество техногенного вещества (от 200 до 220 Гт) должно включиться в естественный массообмен, в противном случае обществу придется существовать в совершенно новой для биоты искусственной среде.

В связи с этим ведущим постулатом современного экологического направления в науке являются факторы развития техногенеза – природные и хозяйственные (антропогенные), а также прогноз состояния ОС с позиции геоэкологии, которые четко были обозначены в Рио-де-Жанейро (1992), Йоханнесбурге (2002) и на состоявшемся в г. Москве (2003) Третьем Всероссийском съезде по охране природы, а также на конференции по ОС глав государств в Копенгагене (2009).

«Употребление какого-либо термина достигает своей цели только тогда, когда этот термин употребляется в строго определенном смысле» (Гожев А. Д., 1930).

Заимствовав термин «антропогенез» у геологов (стратиграфов) и антропологов и придав ему функции отражения хозяйственной деятельности общества, географы и экологи обусловили все преобразования в ОС антропогенезом [1].

Речь идет о преобразованиях в ландшафтной оболочке, верхней части литосферы, а также в подземной и поверхностной гидросфере, включая загрязнение техногенными веществами компонен-

тов ОС на всех уровнях: местном, локальном, региональном и глобальном [2; 4; 6; 7].

Появлению термина «геоэкология» общество обязано немецкому географу К. Тролю (1930-е годы), а в 1970 году термин быстро вошел в практику ландшафтоведения благодаря публикации В. Б. Сочавы.

С подачи Н. Ф. Реймерса термин «геоэкология» с 80-х годов XX века прочно утвердился за географией, так как она наиболее полно исследовала хозяйственную деятельность общества и его взаимоотношения с ОС по компонентам в иерархическом ряду, а также ответную реакцию ОС на техногенное воздействие общества. **Геоэкология**, в отличие от биоэкологии, представляет собой комплекс наук, изучающих состояние ОС, т. е. компонентов географической оболочки: биосферы, атмосферы, гидросферы, верхней части литосферы.

1.2. Научные направления геоэкологии

Первое научное направление геоэкологии.

В качестве объекта исследования рассматривает Землю (геологическую среду).

Второе научное направление геоэкологии.

Является междисциплинарным направлением наук о Земле (традиционная геоэкология), в котором объединены усилия экологических подразделений, рассматривающих Землю и окружающие ее сферы в качестве целостной географической оболочки.

Третье научное направление геоэкологии [7].

Объектом изучения этого направления являются литосфера и биосфера, а предметом – экологические функции и свойства геологической среды (т. е. верхней части литосферы).

1.3. Окружающая среда (ОС)

Под **окружающей средой** принято понимать систему взаимосвязанных природных или антропогенных объектов и явлений. Предложено множество определений ОС, но при всем многообразии этого понятия почти все исследователи единодушны в трактовке природной и антропогенной сред, находящихся в сложной связи с другими средами.

Нами проведено исследование взаимоотношения понятий «окружающая среда» («среда») (рис. 1.1)

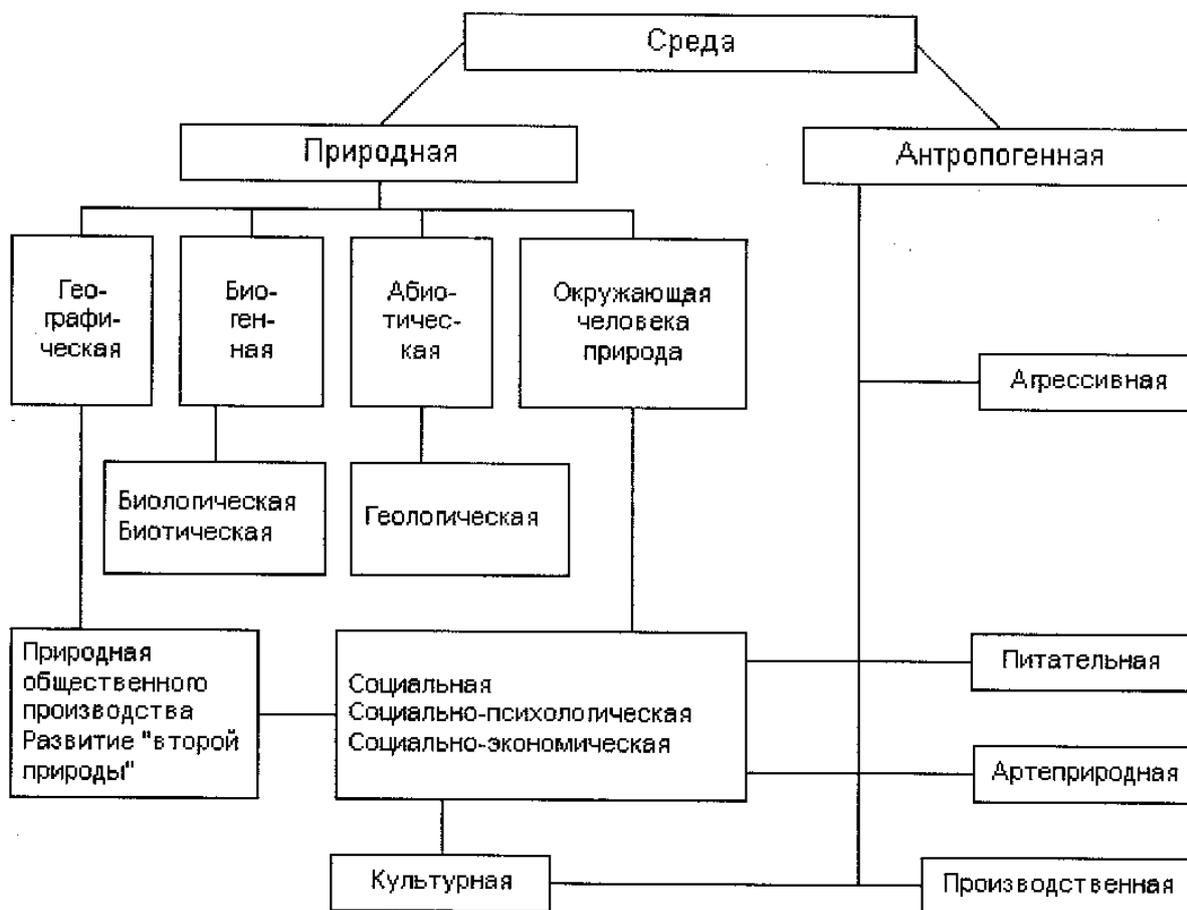


Рис. 1.1. Взаимоотношение понятий «среда» [4; 7]

По Н. Ф. Реймерсу следует, что природная среда (и ее компоненты) представляет собой совокупность природных и незначительно измененных деятельностью людей антропогенных (неорганического мира) и биологических (живых организмов) естественных факторов, оказывающих влияние на человека [6; 7]. Достаточно близко по содержанию к природной среде в понимании Н. Ф. Реймерса находится географическая среда. **Географическая среда** – окружающая общество природа, являющаяся необходимым и постоянным условием жизни людей. Большая группа географов термин «географическая среда» нередко употребляет как синоним географической оболочки.

Представляет интерес связь геосистем (геосфер Земли) на биогенном уровне с позиции придания самой Земле функции экосистемы

глобального уровня [1]. Значительная часть исследователей под **экосистемой** понимает совокупность различных видов растений, животных и микробов, взаимодействующих друг с другом и с ОС таким образом, что эта совокупность может сохраняться неопределенно долгое время.

Представляет интерес структура экосистемы (рис. 1.2).

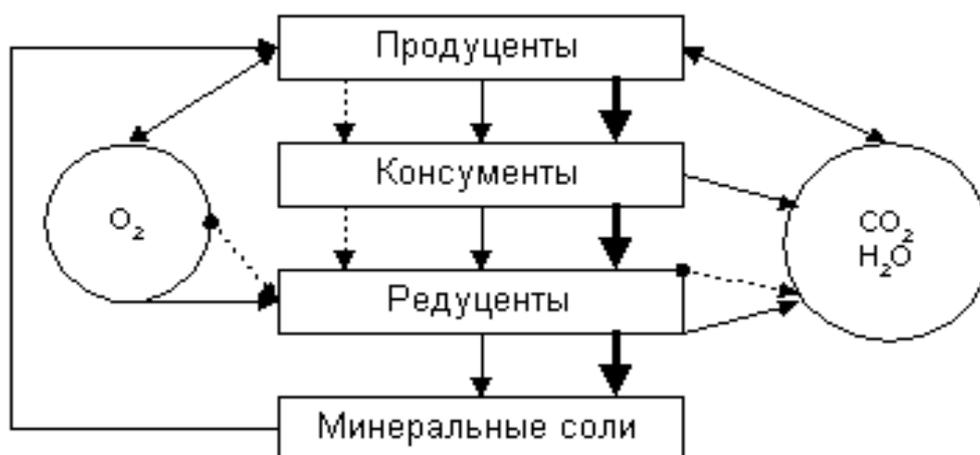


Рис. 1.2. Структура экосистемы, включающая поток энергии и два круговорота вещества, где► круговорот твердых веществ; —► круговорот газообразных веществ; —► участие в круговороте бактерий; ●► поток энергии

На рисунке видно, что для своего питания растения используют минеральные вещества, разлагаемые редуцентами, а энергия, вещество в пределах экосистемы транспортируются с одного трофического уровня на другой по соответствующим пищевым цепям определенной длины и высоты экологических пирамид.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение геоэкологии.
2. Что такое техногенез и антропогенез? Каково их место в экологии?
3. Покажите различие между региональной и глобальной экологией.
4. Дайте характеристику понятию «окружающая среда».

Контрольные задания

1. Составьте схему взаимоотношений природной и антропогенной сред.
2. Проследите связь терминов «техногенез» и «антропогенез».

Список основных источников

1. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Экология. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 566 с.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия : учебник. М. : Логос, 2003. 312 с.
3. Карлович И. А. Основы техногенеза : в 2 кн. Кн. 1. Источники и потоки загрязнения окружающей среды ; Кн. 2. Факторы загрязнения окружающей среды. Владимир : ВГПУ, 2003.
4. Кочуров Б. И. Геоэкология : Экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий. Смоленск : Маджента, 2003. 500 с.
5. Лосев К. С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. М. : Космосинформ, 2001. 399 с.
6. Савин А. Г. Техносфера в локальном и глобальном измерении. М. : ВНИИОЭНГ. 2002. 298 с.
7. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии. М. : Академия, 2003. 352 с.

Глава 2. К ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Устойчивое развитие регионов на современном этапе обычно рассматривается в тесной связи с состоянием ОС и здоровья общества.

После совещания в Рио-де-Жанейро (1992) в России сложилась своя законодательная база для применения основополагающих подходов к устойчивому развитию: например, Указы Президента РФ от 04.02.1994 года «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития»; от 01.04.1996 года «О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию». Приняты «Экологическая доктрина России», «Стратегия устойчивого развития России». Более того, Россия по собственной инициативе на совещании глав государств в Стокгольме в 2009 году огласила решение о снижении ею выбросов парниковых газов до 25 % (выступление Д. А. Медведева).

Совещание глав государств в Стокгольме в 2009 году (свыше 200 стран) по проблеме климата, парниковых газов не выработало единой позиции [2; 3].

Выход из сложной проблемы, по мнению многих ученых, видится в рациональном ресурсопотреблении. Рациональное ресурсопотребление изначально было ориентировано на циклы, обоснованные еще в 1975 году И. В. Комаром, которые учитывали отходы производства и ущерб, нанесенный обществом ОС в процессе природопользования [1].

Постиндустриальное развитие общества сказалось почти на всех социально-экономических показателях России. Остановимся на некоторых, отражающих социально-экономическое положение населения России, и отдельно – на показателях в промышленности, влияющих на состояние ОС России, по Ретеюму с добавлением на 2010 год (табл. 2.1) [4].

Таблица 2.1

Изменение некоторых социально-экономических показателей России

Показатель	1992 год	2002 год	2010 год
Продолжительность жизни мужчин	62	58	59
Продолжительность жизни женщин	79,2	71,9	72,0
Заболеваемость раком (на 100 000 человек)	372	307	300
Заболеваемость алкоголизмом (на 100 000 человек)	103	155	190
Заболеваемость туберкулезом (на 100 000 человек)	30	91	150
Заболеваемость наркоманией (на 100 000 человек)	4	21	35
Уровень безработицы (процент от активного населения)	5,2	8,6	8,0
Количество осужденных (на 100 000 человек)	446	592	712
Удельные выбросы загрязнений на душу населения, кг/человек	190	135	83
Удельные выбросы сточных вод на душу населения, м ³ /человека	183	137	108
Дебит нефтяных скважин, т/сут	9,00	8,30	7,84
Дебит газовых скважин, тыс. м ³ /сут	390,0	278,0	188,4

В таблице сохранены темпы роста или снижения значения показателей на 2010 год, а некоторые показатели не приведены, так как они не следуют закономерности.

Постиндустриальное развитие общества в России привело к сокращению работников в промышленности, сельском хозяйстве (более 10 млн человек) и переходу их в торговую сферу, финансы, управление и прочее с 11 090 тыс. в 1990 году до 18 222 тыс. в 2003 году (Российский статистический ежегодник). Сократилась численность работников в здравоохранении, образовании, культуре, искусстве и науке (14 273 тыс. в 1990 году и 13 079 тыс. в 2003 году).

Наряду с использованием новейших технологий производства (в том числе нанотехнологий) России придется внедрять и новую, более высокую производительность труда. Известно, что в Японии производительность труда в конце XX века была ниже, чем в США, в 10 раз; к настоящему времени Япония по производительности труда вышла в мировые лидеры. Вслед за этим Япония снизила более чем в четыре раза отходы производства в процессе обращения с ними.

Самостоятельной и важной задачей устойчивого развития России в XXI веке станет проблема обращения с отходами. В России ежегодно накапливается около 1 млн т отходов. Один из способов их утилизации – пустить на вторичную обработку для добычи редких элементов. Отходы следует рассматривать в качестве источника вторичного сырья. По прогнозу ученых вторичное сырье по объему неотобранных из них металлов вскоре заменит запасы коренных месторождений. Их можно продать Западу, где есть технологии переработки отходов. В противном случае отходы производства (отвалы, хвосты) явятся монстром в загрязнении ОС, с которым природа самостоятельно не справится.

Контрольные вопросы

1. Какие документы приняла Россия по устойчивому развитию регионов после совещания в Рио-де-Жанейро в 1992 году?
2. Как сказался на устойчивом развитии России постиндустриальный период (т. е. после развала СССР)?
3. Проанализируйте табл. 2.1 и сделайте вывод об изменении главных социально-экономических показателей России.
4. Как связаны между собой понятия «экстенсивные» и «интенсивные» способы производства на территории вашего региона?

Контрольные задания

1. Предложите схему регионального ресурсопотребления.
2. Обоснуйте зависимость продолжительности жизни от условий труда.

Список основных источников

1. Комар И. В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М. : Наука, 1975. 211 с.
2. Основные положения стратегии устойчивого развития России под ред. А. М. Шелехова. М. : Экономика, 2002. 161 с.
3. Распоряжение Правительства РФ № 1225-р. от 31.08.2002 года «Об одобрении Экологической доктрины Российской Федерации».
4. Ретеюм А. Ю. Мониторинг развития. М. : Хоркон, 2004. 160 с.

Глава 3. О ПРОБЛЕМЕ КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ

Проблема круговорота вещества и энергии раскрывает связь процесса формирования техносферы и хозяйственной деятельности общества через ресурсные циклы.

Соотношение экосистем разной степени техногенной трансформации в пределах различных зон показано на рис. 3.1 [6].

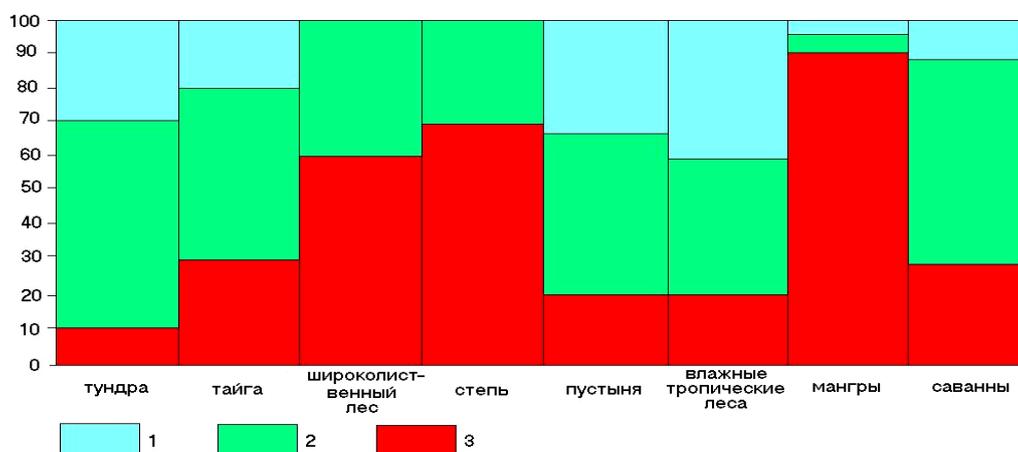


Рис. 3.1. Соотношение площадей зональных экосистем по степени техногенной трансформации, процент от площади: 1 – природных; 2 – полуприродных; 3 – техногенных экологических комплексов

В основу классификации техногенной трансформации природных экосистем в геоэкологии положена их способность к самовосстановлению. На этом основании выделяют природные экосистемы, по-

луприродные экосистемы и антропогенные (техногенные) экологические комплексы. Всё меньше становится природных экосистем, не затронутых техногенным воздействием. На месте природных экосистем возникают полуприродные и техногенные экологические комплексы. Из рисунка видно, что зоны широколиственных лесов и степей замещены искусственными экологическими комплексами до 60 – 80 %.

Известно, что функциональная связь компонентов в экосистеме осуществляется через поток энергии и вещества. Первоисточником энергии выступает Солнце. По мнению многих исследователей, такой поток энергии и вещества носит односторонний характер. Растения посредством фотосинтеза накапливают тепло и энергию, продуцируют живое вещество, давая начало пищевым цепям – на каждый более высокий трофический уровень передается около 10 % энергии, поступающей на предыдущий уровень. В результате деятельности редуцентов (через усвоение остатков продуцентов и консументов) происходит освобождение энергии, заключенной в детрите, аккумуляция ее в виде углерода и его соединений в земной коре (ископаемое топливо) и гумусовом слое почвы (органические гуминовые и фульвокислоты). Из почвы растения потребляют и накапливают минеральные вещества (рис. 3.2).

Детрит перерабатывается до простых минеральных составляющих. Твердые продуценты биохимических реакций поступают в почвенный круговорот вещества и энергии, в литосферу, а газообразные – в атмосферу. Вода выполняет функцию транспортировки твердых минеральных веществ (в том числе и техногенных), органических соединений в различных фазовых состояниях единого глобального круговорота веществ.

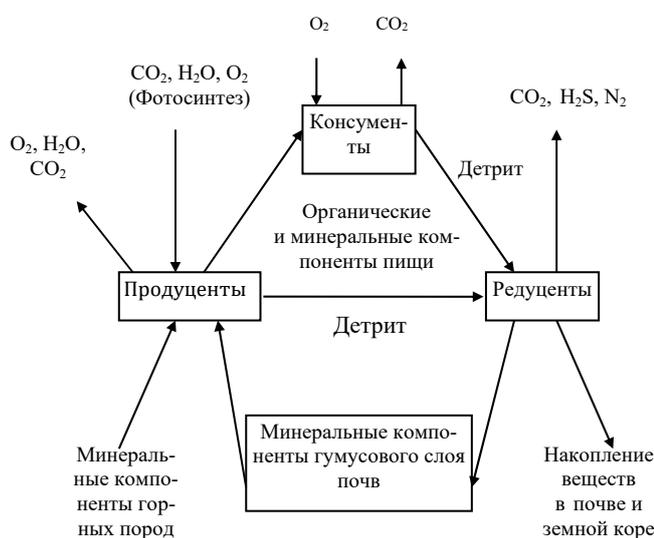


Рис. 3.2. Схема круговорота веществ в наземном биогеоценозе

Таким образом, поток минеральных веществ (в отличие от потока энергии) имеет относительно замкнутый характер, ориентированный на малый биологический круговорот [3]. Опираясь на выводы В. И. Вернадского о «повсюдности» микроорганизмов, можно их «повсюдность» усилить наличием воды и воздуха в геосистемах, способных наряду с растительностью принимать участие в миграции вещества и энергии, в том числе и твердого вещества (ТВ), в составе открытой глобальной системы – естественного массообмена веществ и энергии. Процесс круговорота вещества и энергии сопровождается их аккумуляцией в компонентах природы.

Так, например, аккумуляция энергии осуществляется через накопление биомассы и продуктов ее жизнедеятельности в почвах, а также за счет концентрации их в процессе седиментогенеза в горных породах при значительном участии микроорганизмов. Сошлемся на подсчеты специалистов. Геологические запасы углерода оцениваются следующими величинами: в осадочных карбонатных отложениях заключено до $1,3 \cdot 10^{16}$ т, в кристаллических породах – $1,1 \cdot 10^{16}$ т, в каустобиолитах – $3,4 \cdot 10^{15}$ т. Следует отметить, что ежегодная продукция наземных экосистем, в том числе леса, составляет значительную величину – около $3 \cdot 10^{15}$ т. *Становится очевидным, что уменьшение лесопокрытой площади планеты на 25 % и более за счет вырубки леса и роста селитебных территорий, о которых будет сказано далее, является самостоятельным и значительным фактором техногенного пресса на природные экосистемы. В этой связи А. Г. Исаченко было введено понятие техногенезации.*

Техногенезация (техногенное воздействие на эколандшафты) территорий оказалась неразрывно связана с экологическим потенциалом ландшафтов или размещением населения конкретных территорий и характером хозяйственной деятельности. Роль общества в формировании техносферы очевидна (рис. 3.3).

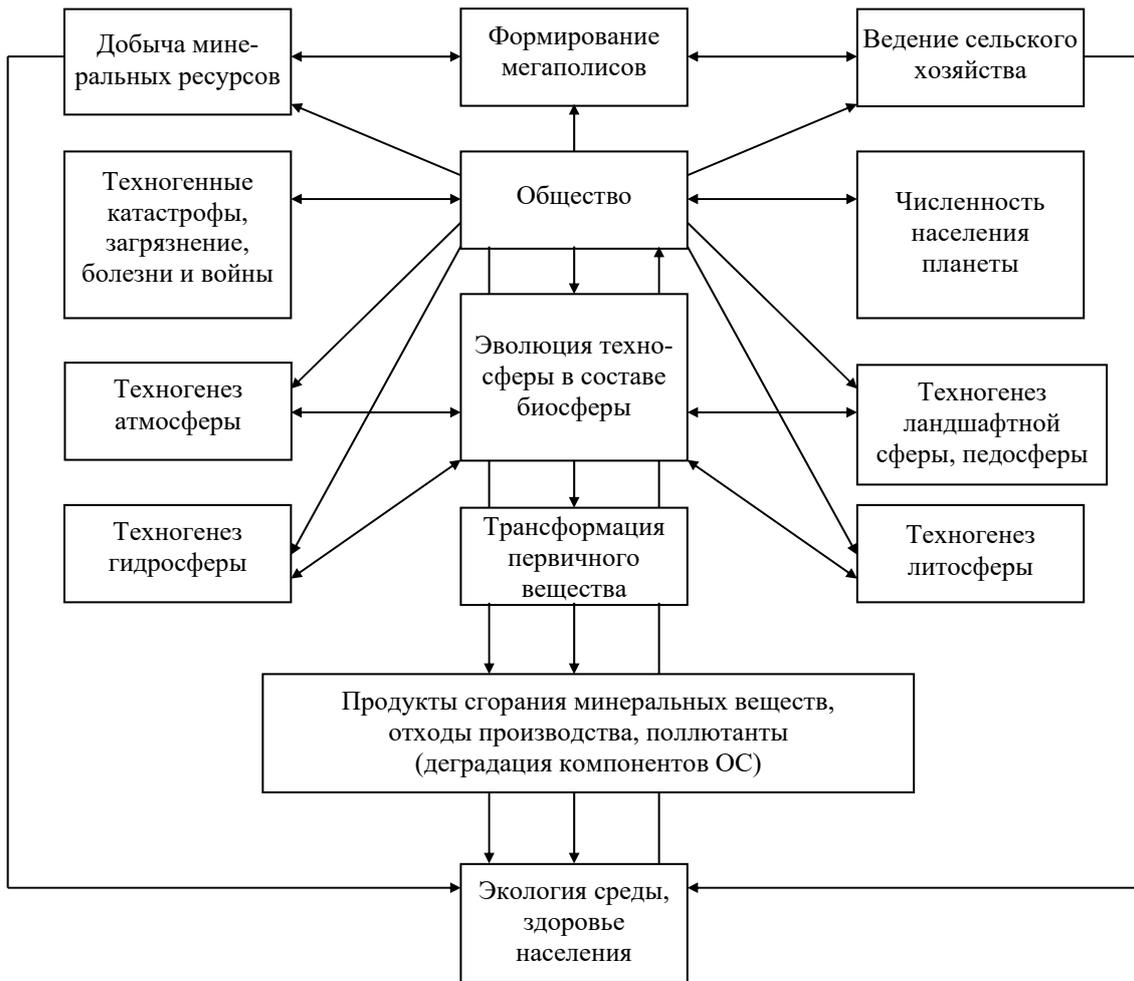


Рис. 3.3. Роль общества в формировании техносферы в составе биосферы

Этот рисунок построен по данным многих исследований, авторы которых пришли к общему выводу о воздействии общества на изменение компонентов природы вплоть до эволюции техносферы. Общество путем добычи минеральных ресурсов и использования земли под сельское хозяйство осуществляет воздействие на геосферы и формирует ландшафты, отличающиеся от природных (техносферу).

На масштаб преобразований природных ландшафтов (прямое воздействие) указывают площади земной поверхности, охваченные открытыми разработками (свыше 3 % суши). Значительное количество таких разработок приходится на США (84 % месторождений здесь разрабатывают открытым способом). В целом по миру от всех разработок на открытые приходится 66 %. По размерам вскрышных работ на одно месторождение открытые разработки превысили 3 тыс. га.

Более всего подверженными техногенному воздействию оказались природные ландшафты с наличием в недрах следующих видов полезных ископаемых (табл. 3.1). Как видно из таблицы, в России по количеству нарушенных земель преобладают территории, в которых добывают строительные материалы (27 %). По данным статистики, в каждом субъекте Российской Федерации действует более 300 таких месторождений.

Таблица 3.1

Территории, нарушенные при добыче полезных ископаемых (Россия)

Вид полезного ископаемого	Площадь нарушенных земель, %	Регион
Торф	23	Центральная Россия, Кировская обл.
Цветные металлы	21	Дальний Восток, Урал, Южная Сибирь
Уголь	5,4	Воркута, Подмосковский бассейн, Ростовская обл.
Черные металлы	4,5	Центральная Россия
Химическое сырье	1,4	Кольский полуостров, Урал
Нефть, газ	17,7	Поволжье, Западная Сибирь
Строительные материалы	27	Повсеместно
<i>Итого</i>	100	

Добыча цветных металлов ведется преимущественно подземным способом. Нарушение земной поверхности (рельефа) происходит в основном за счет накопления отвалов пустых пород, которыми заполняются пониженные места в рельефе. В данном случае речь идет не только о выравнивании форм рельефа, но и о возврате литогенного материала в природу в качестве отвалов и хвостов, содержащих металлы, поступающий от обогатительных фабрик и металлургических комбинатов. Отвалы и хвосты выступают в качестве звена в технологической цепочке природного ресурсного цикла возврата металла в природу. Аналогичным образом источником возврата в природу гор-

ных пород и угля выступают угольные терриконы вокруг угольных шахт. В России карьеры и терриконы угля составляют около 5,4 % от объема работ, занимая пятое место среди отвалов от других видов полезных ископаемых, приводящих к нарушению рельефа и участвующих в цикле массообмена вещества и энергии [7]. Особое значение в нарушении рельефа и загрязнении ОС, а также в возврате сырья в ресурсном цикле имеют углеводороды (нефть и газ). Площадь нарушенных земель в России составляет свыше 17 % (см. табл. 3.1). Эти цифры отражают нарушенность поверхности только в пределах нефте- и газопромыслов. В процессе загрязнения углеводородами компонентов природы размеры территорий увеличиваются за счет площадей транспортных устройств (трубопроводы) нефти, газопередающих (компрессорных) станций и прочих перерабатывающих систем, начиная от скважины и заканчивая перерабатывающими углеводородными заводами. Потери сырья в процессе добычи, транспортировки и переработки отнесены к технологическим условиям возврата углеводородов в природу.

Одной из основных закономерностей проявления техногенеза в структуре географической оболочки являются ресурсные циклы [9], обуславливающие посредством функционирования хозяйственного комплекса изъятие и возврат в природу ресурсов и техногенное воздействие на ОС.

Изложенный материал свидетельствует о сложности проблемы техногенеза, множественности его проявлений и нахождении материальной субстанции в едином природном массопотоке веществ. Анализ движения ресурсов подтверждает, что *всё минеральное вещество, отобранное обществом из природы для своего существования и развития, преобразуется в продукты и изделия, используется (период эксплуатации), разрушается, распыляется и вступает в естественный (природный) круговорот по своим специфическим циклам, характерным для каждого вида сырья, продукта или изделия.*

Научные основы естественного массообмена вещества и энергии, в том числе и техногенного генезиса, в системе глобального (геологического) круговорота обстоятельно изложены в ряде известных работ [1; 3].

Наиболее полно ресурсные циклы природы представлены в работах известных географов: И. В. Комара, Н. Н. Колосовского, А. Т. Хрущева, Ю. Г. Саушкина, А. Г. Исаченко, В. М. Разумовского и др. [9]. Ими предложено 12 энергопроизводственных циклов, основанных на использовании ископаемого топлива и минерального сырья через подциклы ресурсов: добыча, обогащение, облагораживание, получение полуфабрикатов, готовой продукции и изделий (транспорт, оборудование, механизмы, здания и сооружения, вторичные ресурсы, металлолом, техногенные грунты (вторичные месторождения), твердые бытовые отходы, сточные воды и пр.). Установлена прямая зависимость полученных обществом энергоресурсов от добытых объемов минерального топлива [7]. Общая масса ТВ, находящихся в естественном круговороте, превысила в 2000 году 4 трлн т.

Ученые предложили разные схемы расчета жизненного цикла природного ресурса. Наиболее типичные схемы приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Наиболее типичные схемы расчета жизненного цикла природного ресурса (продукции)

№ п/п	Наименование природного ресурса (продукции)
1	Определение химического состава сырья
2	Определение полного химического состава источника энергии
3	Расчет выбросов и потерь при добыче строительных материалов
4	Расчет транспортных выбросов при перевозке сырья
5	Расчет выбросов в ОС при производстве энергии
6	Определение элементопотоков на предприятии
7	Расчет объема техногенного месторождения
8	Расчет выбросов при производстве продукции
9	Расчет рециклинга отложенного отхода на собственном или других предприятиях

Наибольшую объективность в расчетах, несмотря на их сложность и громоздкость, имеет методика И. В. Комара (циклы природных ресурсов), а также методика расчета экобалансов, учитывающая расход материальных и энергетических ресурсов, выброс ТВ в ОС и глобальный рециклинг всех видов продукции процесса, предложенная

Московским институтом стали и сплавов (П. И. Черноусовым и С. В. Неделиным). Авторы предлагают расчет жизненного цикла ресурсов производить для проектируемых предприятий – в целях обеспечения системы изначального контроля за циклом продукции.

Анализ динамики использования обществом природных ресурсов за период с 1975 по 2000 год показал актуальность выводов, сделанных многими авторами о структуре, географии и технико-экономических показателях использования природных ресурсов в СССР (с 1990 года – в России) за 25 лет, и возможности количественной оценки ТВ по методике ресурсных циклов. При характеристике структуры использования природных ресурсов за основу принимались первичные материалы и продукты, рекомендованные в работе И. В. Комара [9], так как они наиболее полно отражают валовый характер добываемого сырья. Все последующие манипуляции с добытым сырьем (обогащение, металлургический передел, изготовление изделий и пр.) сопровождаются формированием техногенных потоков, образуемых в процессе технологического цикла. В отличие от методики И. В. Комара [9], не учитывающей в расчетах совокупное природопотребление, принимались во внимание так называемые «пустые», или бедные по содержанию полезного компонента, горные породы.

Сложилась общая картина добычи и использования природных ресурсов по состоянию на 2000 год и до 2020 года, а по некоторым данным – до 2030 года. Из семи главных групп используемых обществом первичных материалов и продуктов, указанных в 1975 году И. В. Комаром – минеральное топливо, металлические руды, неметаллические полезные ископаемые, древесина, сельскохозяйственная продукция, естественные корма, промысловые животные – приоритетное положение в качестве источников ТВ имеют первые три. Для анализа циклов были взяты следующие наиболее распространенные виды полезных ископаемых: уголь, нефть, газ, сланцы, уран, торий (минеральное топливо или энергетические ресурсы); железные, марганцевые, ванадиевые, молибденовые, хромовые руды (черные металлы); свинцово-цинковые, сульфидные, никелевые, алюминиевые руды; оловянные руды (цветные металлы), а также руды, содержащие редкие и рассеянные элементы.

Из неметаллических полезных ископаемых в расчете использовались ископаемые, имеющие постоянный спрос. Это строительные материалы (пески, гравий, глины, карбонатные породы), а также аглоруды (технические руды) и сырье для химической промышленности: фосфориты, калийные соли, сера и др. Следует подчеркнуть, что на расчетах не сказался спад производства, так как по некоторым видам полезных ископаемых Россия восстановила добывные мощности отраслей, утраченные в период перестройки.

Почти вся масса извлекаемых обществом из недр полезных ископаемых распределена территориально, т. е. относится к определенным районам (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Распределение месторождений основных
минеральных ресурсов Российской Федерации

Вид ресурса	Регион
Нефть и газ	Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО
Уголь	Кемеровская обл., Красноярский край
Цинк, свинец, серебро	Красноярский край, Бурятия, Приморский край
Золото	Магаданская обл., Республика Саха (Якутия)
Никель	Красноярский край
Вольфрам	Кабардино-Балкарская Республика, Приморский край
Медь	Кемеровская обл.
Молибден	Красноярский край
Олово	Магаданская обл., Хабаровский край, Республика Саха (Якутия)
Бокситы	Свердловская обл., Архангельская обл.
Железо	Белгородская обл., Свердловская обл., Курская обл.
Фосфориты	Мурманская обл.

Важным остается вопрос рационального природопользования, особенно применительно к недрам, почвам (в том числе и к ландшафтам) и воде. Дело в том, что ландшафты и вода принимают основную массу возвращаемого в процессе производства сырья в виде ТВ, отходов и промышленных стоков. Так, в настоящее время из недр извле-

каются огромные объемы руды и массы пород (до 27 млрд м³/год), пустотное пространство недр заполняется литогенной основой и цементом – происходит возврат веществ в природу. В отвалах и хвостах остается определенное количество минеральных компонентов, не отобранных по существующим технологиям, и они (компоненты) определяют техногенную направленность грунтов, создаваемых рядом с производством на разных стадиях ресурсного цикла, – от разведки, добычи до получения продукта и изделия. Потери сырья при добыче являются возвратом его в природу и служат звеном в цикле природного ресурса. Сначала руда превращается в продукт или изделие, а после эксплуатации (через жизненный цикл) это изделие попадает в отходы, где в процессе окисления разрушается до элементного состава. Следовательно, здесь можно говорить о возврате отходов сырья в природу. Исходя из существа оптимизации взаимодействия общества и природы по обмену веществ, общество в течение некоторого времени отслеживает отходы производства через систему рециклинга, очищает их от вредных примесей или использует в качестве вторичного сырья. Например, только металлолома ежегодно заготавливается от 15 до 30 млн т (в том числе амортизированного – от 11 до 19 млн т), а в 2019 году доля амортизированного металлолома выросла в общем балансе металлов до 50 млн т.

Собранные в единую систему взаимоотношения объектов производства с окружающей природной средой должны быть на отраслевом уровне ориентированы на систему рационального природопользования, максимальное использование вторичных видов сырья или предотвращение поступления ТВ в природный круговорот путем консервации поллютантов. Понятие оптимизации взаимоотношений общества и природы подразумевает осуществление экономически выгодных, рациональных методов использования природных ресурсов, повышение экологической устойчивости и целостности компонентов ОС. Примером актуальности такого подхода к взаимоотношениям общества и природы могут являться районы российского Севера и шельфа, на территории которых осуществляются основные работы по добыче газа и нефти. Отсюда критерием оптимизации взаимодействия общества и природы должны выступать конкретные регионы (природный комплекс – ресурсы, условия) и хозяйственные объекты,

осваивающие ресурсы и условия этих регионов в системе рационального природопользования.

Основные черты концепции взаимосвязи «общество – природа» по прошествии времени (с 1975 года по настоящее время) упрочились и получили свое подтверждение. Так, в настоящее время энерговооруженность труда увеличилась, особенно в развитых странах, в сто с лишним раз по отношению к началу научно-технического прогресса.

В природе действуют малый (почвенный) и большой (геологический) круговороты, в которых задействованы экологические субстанции всех геосфер. Значительную роль в природном массообмене играет живое вещество планеты в основном через малый круговорот. В этот массообмен включились и ТВ в процессе производства [7]. Процессы, происходящие в системе круговорота веществ в природе, противоположны. Живые организмы накапливают энергию, т. е. преобладает направленность системы на уменьшение общего разнообразия и дифференциации, уменьшение энтропии. В противоположность этому процессу происходит выделение энергии, уменьшение биоразнообразия, усложнение и увеличение энтропии. Сохраняется устойчивое наращивание объемов обмена веществ по причине вовлечения в производство огромных объемов минеральных полезных ископаемых. В среднем за год в мире добывается до 120 млрд т минерального сырья. Вместе с тем данный процесс контролируется противоположной направленностью движения материи (вещества) в природе: наблюдается увеличение расхода энергии и, соответственно, усиление энтропии в техносфере при сопровождающемся росте неэнтропных процессов. На фоне протекающих естественных процессов массообмена природных веществ в этот процесс вовлекаются ТВ от техногенных систем.

Обмен веществ в системе «общество – природа» отчетливо отражает выраженный характер полициклического процесса [7] совокупного цикла «природа – общество – природа» (суммарный поток ТВ и энергии). Анализируя суммарный поток вещества и энергии, было установлено, что он подразделяется на отдельные циклы. «Под циклом понимается совокупность перемещений определенного вещества или группы веществ, происходящих на всех этапах использования его человеком (включая его выявление, подготовку к эксплуатации, извлечение из природной среды, переработку, потребление, воз-

вращение в природу) [9]. Отличительной особенностью ресурсных циклов В. И. Комара является возможность выделения наряду с главным веществом и сочетания веществ, что, на наш взгляд, особенно важно при анализе потоков минеральных полиметалльных веществ, являющихся в некоторой степени побочными по отношению к главному виду полезного ископаемого. В ресурсных циклах присутствуют своеобразные ответвления (они рассматриваются в качестве внутриобщественного оборота). Это звенья технологической цепочки единого производственного процесса: поиск, разведка, добыча, обогащение, металлургический передел, продукты, изделия. Иными словами, это не что иное, как технологические факторы развития техногенеза, так как на всех этапах производства происходит поступление ТВ в ОС (возврат вещества в природу) [7]. В процессе действия ресурсного цикла происходит потеря веществ: рассеивание, истирание, технологические издержки и прочее, т. е. возврат «сырья» в природу.

Основными ресурсными циклами являются следующие [9]:

- 1) энергоресурсов и энергии с подциклами (энергохимическим и гидроэнергетическим);
- 2) металлорудных ресурсов и металлов с подциклами (коксохимическим);
- 3) неметаллического сырья с подциклами (горнохимическое, минеральных строительных материалов, особо ценных и редких минералов);
- 4) лесных ресурсов и лесоматериалов с лесохимическим подциклом;
- 5) земельно-климатических ресурсов и сельскохозяйственного сырья;
- 6) ресурсов фауны и флоры (серия подциклов, развивающихся на базе биологических ресурсов, охотничьих и растительных ресурсов);
- 7) ресурсов водных и атмосферных циклов; ресурсов, базирующихся на использовании воды и воздуха отраслями народного хозяйства.

Положительной стороной выделения ресурсных циклов является их взаимосвязанность на отдельных стадиях и фазах, поскольку один и тот же ресурс может быть использован в разных отраслях народного хозяйства. В отличие от энергопроизводственных циклов

Н. Н. Колосовского (1947), А. Т. Хрущева (1986) и П. И. Черноусова (2003) ресурсные циклы И. В. Комара охватывают все стадии превращений и перемещений используемого сырья природы, происходящих в рамках общественного звена общего круговорота этого вещества. Свойство природного вещества вступать в естественный массообмен, возможность оценки массообмена в природно-социальном круговороте через материальные превращения в техногенные вещества, изделия, продукты и отходы на стадии первичного и вторичного использования в народном хозяйстве приняты нами в качестве выводов о закономерности развития техногенеза в структуре географической оболочки посредством циклов природных ресурсов [9]. Несложно понять, что всё вышесказанное отражает экологический характер – прежде всего, по степени техногенного воздействия используемого ресурса на природу.

Привлекательной особенностью ресурсных циклов [9] являются глобальность их проявления и возможность анализа на региональном уровне, что позволяет проследить прохождение минеральных ресурсов (циклов) в социальном и типологическом отношениях, начиная от отдельного месторождения через регионы до планетарного уровня. Еще один немаловажный момент: ресурсные циклы дают возможность анализировать процесс использования ресурсов на примере отдельных экономико-структурных подразделений (город или урбосистема), которые отличаются своеобразием, наличием различных примеров превращения минерального ресурса в продукты и изделия от его добычи, использования в виде изделий до вторичного применения в качестве сырья (например, металлолом) или восстановленного продукта, характеризующего его природный круговорот. Иными словами, человек (его производственная деятельность) искусственно создает условия для миграции минеральных ресурсов на элементном уровне через добытые полезные ископаемые, металлы (продукты), изделия (орудия, приборы, металлические конструкции, здания и сооружения и пр.) и технологические отходы (техногенные вещества), отвалы, хвосты с последующей утилизацией отслуживших срок изделий и вторичного их использования или путем консервации в хранилищах и на свалках.

Несмотря на то, что И. В. Комар [9] больше внимания уделил анализу роли большого круговорота (1975) в миграции химических

элементов посредством циклов почвенно-климатических ресурсов, сельскохозяйственного сырья, ресурсов фауны и флоры, он приводит мысль о превалирующем значении ресурсных циклов на основе использования полезных ископаемых. В настоящее время (2019) положение не намного изменилось, при том, что выросли объемы добычи (в мире) горючих полезных ископаемых и на энергоресурсы приходится около 85 % всего минерального топлива, в том числе и ядерного.

Наибольшее количество ТВ образуется в результате действия ресурсных циклов минерального сырья. Человеческое общество искусственно создает условия для вовлечения добытых минеральных элементов в естественный круговорот в виде ТВ, полученных на стадиях разведки, добычи, обогащения, металлургического передела, а также вследствие консервации минеральных элементов в сплавах, металлах, конструкциях и изделиях (не считая вторичного сырья, используемого обществом в системе внутриобщественного оборота). Около 47 % металлофонда России (по данным статотчетности, в 1998 году металлофонд России составил 1,55 млрд т) было задействовано в виде конструкций, зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, а 53 % приходилось на оборудование, машины, приборы, механизмы и технику. Дело в том, что металлические изделия и конструкции, изготовленные человеком и встроенные в здания, сооружения, приборы, автомобили и т. д., «живут» своей жизнью в агрессивной ОС, подвергаются процессам окисления, разрушения, старения, износа. Атом за атомом от них отщепляется и попадает в воздух, воду или в почвы. Например, металлический гараж для автомобиля, не покрытый антикоррозийным веществом, может разрушиться всего за 15 – 20 лет и рассеяться в элементном виде в ОС. Для каждого вида металлических конструкций по ГОСТу устанавливается срок эксплуатации. Средний срок службы металлического оборудования в тяжелой индустрии превышает 28 лет (в 2 – 3 раза больше нормативного), а уровень износа – 45 лет. Также сроки эксплуатации имеют все промышленные изделия, здания и сооружения (50 – 70 лет). После окончания этих сроков они подвергаются капитальному обновлению или попадают на переплавку, а здания разрушаются, и на их месте строят новые. Например, в г. Москве с началом 2000-х годов разрушают пятиэтажные дома, построенные в 60-х

годах XX века. При этом происходит поступление ТВ в ОС, т. е. они на элементарном уровне участвуют в естественном массопотоке в цикле внутриобщественного оборота веществ (возврат веществ в природу).

3.1. Энергоресурсный цикл

В структуре потребления основных видов энергоресурсов (в 1970 – 7,4 млрд т, в 2000 – 9,6 млрд т) солнечная энергия, поступающая на поверхность Земли, составляет всего тысячную долю, т. е. $0,005 \cdot 10^{20}$ ккал, но этого достаточно для существования и развития человеческого общества (на сегодняшний день количество людей на планете достигло 7,8 млрд человек).

Масштабы энергоресурсного цикла значительны как в бывшем СССР (15 % от общемировых показателей), так и в современной России (12 % от общемировых показателей), которая находится в числе лидирующих стран по количеству запасов нефти (шестое место в мире) и газа (первое место в мире) и прочно занимает передовые позиции по добыче минеральных горючих ископаемых. Поэтому анализ современного цикла энергоресурсов и энергии на территории России продолжает оставаться актуальным и может быть распределен на соответствующие фазы: добыча топлива, подготовка топлива к использованию, сжигание топлива, использование произведенной энергии. Во всех фазах цикла энергоресурсов и энергии (за исключением добычи и разведки) присутствует транспортировка сырья и энергии, которая в данном случае может рассматриваться как фактор развития техногенеза (за счет потери сырья и энергии в процессе транспортировки) или как возврат сырья в природу. Циклы с позиции развития техногенеза рассматриваются на примере угля, углеводородов (нефть, газ, конденсат) и полиметаллов, являющихся основными поставщиками ТВ в ОС (к примеру, сжигание углеводородов – газа на ТЭЦ и бензина в двигателях внутреннего сгорания – дает свыше 60 % поступления техногенного CO_2 в окружающую среду в мире). В качестве правомерности выделения современного энергоресурсного цикла сошлемся на известный рисунок [9], отражающий энергоресурсный цикл, характерный для стран с развитыми производительными силами (рис. 3.4).

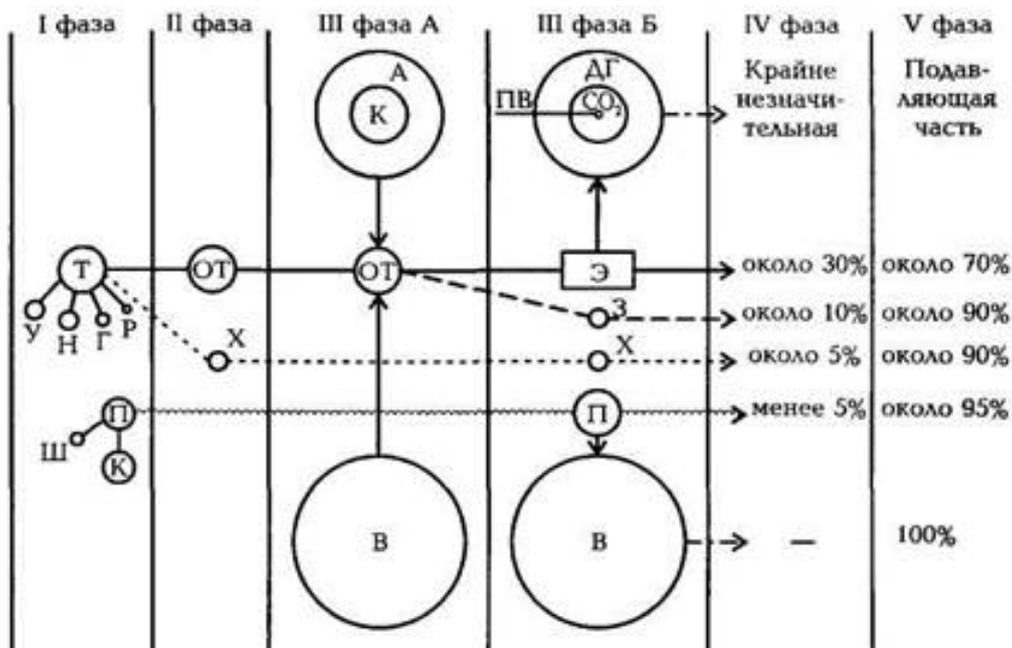


Рис. 3.4. Примерная типовая схема современного энергоресурсного цикла для индустриально развитой страны (без учета ресурсов гидроэнергии и атомной энергетики)

На рис. 3.4: *I фаза* – добыча всего топлива (Т), в том числе угля (У), нефти (Н), газа (Г), разного топлива (Р), и попутное извлечение породы (П) из шахт (Ш) и карьеров (К); *II фаза* – получение обогащенного топлива (ОТ) и отходов обогащения (Х); *III фаза А* – использование веществ природы в процессе расходования (сжигания) топлива: обогащенное топливо (ОТ), атмосферный воздух (А), включая кислород (К) и воду (В); *III фаза Б* – трансформированные вещества и энергия: дымовые газы (ДГ), в том числе двуокись углерода (СО₂) и прочие выбросы (ПВ), золы и топливные шлаки (З), частично загрязненная вода (В) с учетом потерь от испарения, инфильтрации и т. п., энергия (Э), включая отводимое с водой и дымовыми газами тепло; *IV фаза* – полезное использование вещества и энергии на стадиях транспортировки энергии, ее потребления, переработки отходов и т. п. (в процентах от вещества и энергии, участвующих в цикле); *V фаза* – непосредственное возвращение в ОС вещества и энергии без учета используемой их части и доли, вовлекаемой из среды в повторный цикл после естественного или искусственного очищения (в процентах от вещества и энергии, участвующих в цикле). Размеры кружков пропорциональны доле веществ, участвующих в цикле.

Цикл энергоресурсов и энергии в XX веке опережал цикл всех минеральных сырьевых ресурсов в абсолютных величинах. Так, мировое потребление энергоресурсов увеличилось с 2,9 млрд т условного топлива в 1950 году до 20,2 млрд т условного топлива в 2000 году. Изменилась и структура мирового потребления топливно-энергетических ресурсов. Например, если в 1860 году в мировом хозяйстве преобладало потребление дровяного топлива (74 %), то в 2000 году его потребление составило около 0,2 – 0,4 %. На долю угля в 1860 году приходилось 25 %, а в 2000 году – 29 %. Резко возросло потребление нефти: с 1 % в 1860 году до 34 % в 2000 году, газа – с 0 % в 1860 году до 23 % в 2000 году. Доля гидроэнергетики и ядерного топлива в общем балансе энергоресурсов и энергии составляла в 2000 году 11 %. По прогнозу ожидается мировое потребление основных источников энергии на 2020 год в следующих величинах, %: дрова, торф – менее 1; уголь – 28; нефть – 30; газ – 21; гидроэнергия – 5; атомная энергия – 7; возобновляемые источники – 8.

Общее потребление топлива в СССР за период с 1940 по 1987 годы (наиболее стабильная динамика добычи и производства энергоресурсов в СССР) приведено в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Добыча и производство топлива в СССР

Добыча и производство, год	Вид топлива, в числителе – млн т условного топлива, в знаменателе – процент от общего объема					
	дрова	уголь	торф	горючие сланцы	нефть	газ
1940	34,2	140,5	13,6	0,7	44,5	4,4
	-----	-----	-----	----	-----	----
	14,4	59,1	5,7	0,3	18,7	1,8
1987	24,3	459,7	3,8	9,6	892,6	840,1
	-----	-----	----	----	-----	-----
	1,1	20,6	0,2	0,4	40,0	37,7

Общая характеристика и динамика основных составляющих цикла энергоресурсов показывает устойчивое их развитие в перспективе по стране по данным анализа И. В. Комара [9].

Некоторую сложность в решении проблемы энергоресурсного цикла составляет гидроэнергетический подцикл. Несмотря на незначительный объем (всего 6 % от мирового объема) гидроэнергетики для условий России, важное значение он имеет по следующим причинам: через гидротурбины в стране пропускается около 100 км³ воды в год. Ряд производств потребляет значительное количество пресной воды: теплоэнергетика, металлургия, химическое, целлюлозно-бумажное и др. Для этих производств критерием оптимизации взаимодействия является замкнутый цикл производства, определяющий минимум в использовании свежей пресной воды.

3.2. Металлорудный цикл

Он занимает второе место после энергоресурсного цикла, составляет в ОС огромное количество ТВ в связи с развитием технологического цикла, включающего в себя добычу, обогащение, металлургический передел, изготовление продукта или изделия. Так, добыча железа в мире в 1998 году выросла по отношению к 1970 году на 189 млн т и составила 936 млн т. Из других черных металлов выросла добыча марганцевых руд (21,9 млн т в 1998 году), а с учетом вынужтой на поверхность пустой породы было подано около 1,6 млрд т горной массы. В 2000 году только металлургических шлаков образовалось 160 млн т. Наряду с железом и хромом источниками техногенных веществ рассматриваемого цикла являются сами месторождения хрома, титана и ванадия, которые добываются ежегодно в размере более 15 млн т.

Особую опасность для ОС в металлорудном цикле представляет подцикл цветных металлов (особенно это касается развитых и развивающихся стран по причине развитой трансрегиональной системы перевозок цветных металлов). Так, если в 1970 году эти перевозки составляли 150 млн т руды в год, то в 2000 году – уже 320 млн т в год. Определенное количество распыленных цветных металлов попадает в ОС в процессе технологического цикла (внутриобщественный оборот) [9]. К примеру, в 1975 году в мире было добыто 16 млн т первичной меди, из которой 0,08 млн т в процессе технологической це-

почки пришлось на техногенную медь. Учитывая, что в 2020 году планируется произвести $2,6 \cdot 10^8$ т рафинированной меди, на техногенную медь придется уже около $1,5 \cdot 10^8$ т. Руда на медь в 2000 году по отношению к 1970 году отправилась в разработку бедная – со средним содержанием металла менее 1 %, что сразу сказалось на резком увеличении объема горных работ (3 : 1) и, как следствие, произошел рост техногенной составляющей в ОС.

Техногенез свинца и цинка обусловлен количеством добытой руды и выплавленного металла. За свое существование человечество добыло около 600 млн т свинца, из которого до 48 млн т в виде техногенного перешло в ОС. Особенно много цинка поступило в ОС в XX веке (последняя четверть) при добыче и металлургическом переделе (в среднем 380 тыс. т в год).

Потребление алюминия идет более быстрым темпом, чем меди. Если в 1913 году в мире было произведено около 70 тыс. т, то к 1970 году – уже 7,5 млн т, а в 2000 году – свыше 20,5 млн т. Общая эмиссия техногенного алюминия в ОС за XX век по разным оценкам составила $0,2 - 0,42 \cdot 10^7$ т.

По потребности промышленности никель стоит в одном ряду с медью и алюминием, что определяет его как важный компонент техносферы. Если в 1975 году техногенного никеля поступило в ОС около 47 тыс. т, то в 2000 году общая эмиссия составила 74 тыс. т, из которых 80 % пришлось на транспорт, в том числе на дизельный. Общая эмиссия техногенного никеля в ОС составляет в 2020 году около 85 тыс. т.

К техногенным металлам, поставляемым в ОС в процессе металлургического передела, относится группа тяжелых металлов (около 20), это и перечисленные выше Cu, Pb, Zn, а также получившие распространение в России Hg, As, Co, Ti, в эту же группу входят редкие металлы Sn, W, Ta, Nb, Ga, Zr, Hf, Rb, Y, лантаноиды, Be, Li, In, Cd и ряд других металлов. В качестве примера сошлемся на запасы полезных компонентов в пиритсодержащих хвостах обогатительных фабрик (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Запасы пиритсодержащих хвостов и полезных компонентов
на обогатительных фабриках

Обогатительная фабрика	Запасы хвостов, млн т	Количество полезных компонентов в хвостах				
		Cu, тыс. т	Zn, тыс. т	S, тыс. т	Au, т	Ag, т
Турьинская	11,4	9,9	–	111	–	–
Красноуральская	19,4	70,6	134,2	3700	85,2	366,0
Пышминская	5,1	3,9	–	148	–	–
Кировоградская	29,1	50,2	71,2	2238	9,7	178,0
Среднеуральская	29,3	75,1	158,4	8863	138,0	352,1
Карабашская	10,1	25,1	31,7	3351	16,4	100,5
Гайская	14,4	22,2	73,8	5068	20,6	306,1
Сибайская	39,1	127,3	129,5	6714	4,4	66,1
Бурибаевская	5,9	27,7	11,0	1548	5,2	44,8
Учалинская	22,0	77,3	128,7	7185	27,8	447,8

Геохимическое загрязнение почв от техногенных отвалов и хвостов обогатительных фабрик оказалось характерным для старопромышленных районов (Уральский, Центральный и др.). Геохимические исследования в местах складирования техногенных отвалов выявили вторичные техногенные ореолы, расширяющие площади первичных геохимических аномалий коренных рудопроявлений и месторождений [5]. Вторичные ореолы металлов техногенных грунтов в ряде мест тяготеют к металлогеническим зонам и рудным узлам. Например, полиметаллические и медные провинции Южного Урала, Башкортостана, Чары, Норильска, Медногорска; никелевые – в районе Норильска, Полярного, Заполярья и Тувы; железные – в Центральной России (КМА); марганцевые – Никопольское на Украине, Чиатура – в Грузии; полиметаллические (Pb, Cd, Zn, Cu, Hg) с преобладающими ассоциациями: Cu – Zn, Cu – Ni, Pb – Zn (Норильск, Чара, Башкортостан); свинцовые – Алтай, Кавказ (Садонское месторождение), Забайкалье; ртутные – Алтай, Якутия, Кемеровская область, Восточное Забайкалье, Красноярск, Братск; борная субрегиональная провинция – Алтайский край, Омская, Новосибирская, Астраханская области, Адыгея, Баратинская и Кулундинская степи; природные и техногенные провинции, обогащенные фтором, – Мурманская область, Во-

сточное Забайкалье, Красноярск, Братск. Во всех перечисленных провинциях и субпровинциях отмечается увеличенное содержание конкретных техногенных элементов в растениях и животных (особенно в микроорганизмах), расширяющих биогеохимические районы – ореолы рассеивания коренных источников во вторичные ореолы рассеивания элементов – до размеров отдельных регионов, включающих в себя техногенные грунты, месторождения, города с горнообогатительными комбинатами и металлургическим производством. Таким образом, запасы полезных компонентов в хвостах обогатительных фабрик можно рассматривать как возврат металла в природу.

3.3. Цикл неметаллического ископаемого сырья

Подразделен на следующие четыре подцикла: горнохимического сырья, ценного и редкого сырья, огнеупорного сырья и сырья для получения минерально-строительных материалов. Перечисленные циклы неметаллического сырья являются источниками ТВ в силу их разного минерального состава и широкого использования в народном хозяйстве. С подциклом горнохимического сырья связана преимущественно химическая промышленность, опирающаяся на добычу и использование минерального сырья, содержащего Na, Ca, K, P, S, Cl. К примеру, фосфор нашел широкое применение в качестве удобрений, основой для добычи которого являются фосфориты (открытые разработки) и апатиты (месторождения Кольского полуострова). Одних только вскрышных пород в год образуется более 300 млн т. В целом за последние 20 лет XX века *в год добывалось 138 млн т фосфатов. Эмиссия фосфатов в ОС за это время составила от $2,7 \cdot 10^9$ до $3,0 \cdot 10^9$ т.*

В процессе добычи и обогащения индустриального сырья (асбест, магнезит, графит, тальк, барит, бентонитовые глины, каолин, огнеупорные глины, мусковит, флогопит и др.) его минеральная часть поступает в ОС в виде техногенных потоков K, Na, Mg, Si, Ca, Al, Fe, S и др. Общие потери сырья (по разным источникам) колеблются от 2 до 10 % первичной горной массы. При том, что годовая добыча сырья в среднем составляет 65,5 млн т, на фиксируемые потери приходится от 7 до 21 млн т.

Объемы использования строительного сырья не поддаются подсчетам ввиду того, что оно эксплуатируется на муниципальном и – в лучшем случае – на внутриобластном уровнях. Таких месторождений в каждом субъекте Российской Федерации насчитывается от 100 до 300.

3.4. Этапы и стадии циклов минеральных ресурсов в системе внутриобщественного круговорота веществ

Под внутриобщественным круговоротом вещества и энергии принято понимать добычу и использование ресурсов природы для хозяйственного развития вплоть до возврата его в природу, но уже в другом состоянии.

Минеральные ресурсы – это совокупность запасов минерального сырья в недрах. На практике различают *сырье* и *запасы минеральных ресурсов*. Сырье – это часть полезных ископаемых, которые можно использовать в народном хозяйстве при определенных условиях. Запасы минеральных ресурсов представляют часть сырья, которую люди могут отобрать, опираясь на имеющиеся технические, технологические условия.

По возможности отбора полезных компонентов ресурсы делятся на *извлекаемые* и *прогнозные*. Извлекаемые ресурсы отражают технические возможности отбора полезного ископаемого. В первую очередь отбирают богатые полезными ископаемыми участки (руды на металлы, нефть, газ). В эксплуатацию берут крупные (уникальные) месторождения, чаще – группу близко расположенных месторождений (см. табл. 3.3). В России открыто 20 000 месторождений полезных ископаемых энергетического сырья, цветных, редких, а также благородных металлов и неметаллического сырья, из них 7500 – разрабатываемые и 1000 – крупные.

Минеральные ресурсы классифицируются на три группы: природные, техногенные и социальные.

Запасы минеральных ресурсов и циклы. Запасы фигурируют практически на всех стадиях геологоразведочных работ: от поисков и до эксплуатации включительно. Запасы полезных ископаемых подсчитываются в соответствии с экономически обоснованными параметрами – кондициями (это требование промышленности к среднему содержанию металла в руде). Отсюда начинается главное противоре-

чие в отношениях общества с природой, так как в первую очередь общество берет малокомплексные руды, оставляя многокомплексные по причине отсутствия современной технологии отбора металлов из комплексных руд. К примеру, на Норильском комбинате руды комплексные (здесь определено до 100 минеральных соединений). Кондиции рассчитаны для 14 элементов, а берут всего 7, и это при том, что общий вал металла создают два элемента – Ni и Cu. Следовательно, полиметалльные месторождения не выгодно брать металлургии, и основная часть не отобранных ранее металлов поступает в отвалы, формируя техногенные месторождения (возврат в природу). Так, на Норильском ГОКе в отвалы поступает в растворимой сульфатной форме 34 – 37 % всей серы (не менее 1,5 млн т серного ангидрида). Лишь за один 1992-й год этот комбинат выбросил в воздух свыше 2 млн т только серного ангидрида (не считая других ТВ).

3.4.1. Разведка и подготовка ресурсов к эксплуатации

Геологоразведка, будучи инструментом для подсчета запасов по категориям, ориентирована на отбор технологических проб породы (сырья) на химический анализ, что уже само по себе является фактором загрязнения ОС. По данным предварительной разведки разрабатываются и утверждаются временные конденции, подсчитываются запасы полезных ископаемых по категориям С2 и С1. На всех стадиях разведки (предварительная, детальная, эксплуатационная) осуществляются отбор породы на анализы и возврат ее в природу. На каждую разведочную скважину приходится отбор шлама, керна и сырья.

Процесс подготовки месторождения к проведению добычи твердых полезных ископаемых включает следующие этапы: подготовка поверхности, осушение, вскрытие и собственно эксплуатация месторождения (карьерный, подземный способы). В Содружестве Независимых Государств (СНГ) половина извлекаемых из недр угля, вольфрама, 90 % железной руды и 2/3 марганца, хромитов, апатитов, меди, молибдена добывается открытым способом. Техногенное влияние на ОС сопровождает весь период подготовки: на поверхности это вырубка леса, вывоз и складирование почвенного слоя (вскрышные работы). К примеру, во Владимирской области под карьерами на карбонатное сырье занята площадь 21,9 тыс. га, с которой полностью

вырублены лесные массивы. В процесс подготовки входит также отвод ручьев и снос зданий и сооружений. Основным понятием цикла ресурсов на этапе подготовки месторождения является *снятие вскрышных пород*. Вскрышные породы (отвалы) нашли применение в качестве сырья для строительной индустрии. Например, И. В. Белякова считает возможным рентабельное производство на 40 ГОКах Урала 2018 тыс. м³ щебня в год (при ежегодном перемещении 20 млн м³ вскрышных и вмещающих пород).

Подготовка месторождений горючих полезных ископаемых к добыче. Процессу добычи горючих ископаемых предшествуют поисково-разведочные работы и подготовка площадей (месторождений) к эксплуатации. На поисковом этапе уже осуществляется техногенное воздействие на геологическую среду и ландшафты за счет разных видов и комплексов работ: геофизические работы и параметрическое бурение. При обнаружении залежей углеводородов осуществляют опробование и испытание нефтегазонасыщенных пластов и оценку залежей с выбросом углеводородов в ОС (возврат в природу).

Следующий этап – разведочный, позволяющий выявить размеры месторождения. На этом этапе работы оказывается значительное техногенное влияние на ОС разведочными скважинами (количество скважин и их глубина определяются размерами структуры и глубиной залегания продуктивного горизонта), транспортом, обслуживающим разведку, а также процессами испытания скважины или опробованием объектов с проведением методов интенсификации притоков. Количество разведочных скважин на каждую площадь – от трех до ста. *При испытании скважин в ОС попадает от 10 до 1000 м³ нефти. В факелах сжигается до 1 млн м³/сут попутного газа. Значительно загрязняют ОС нефтяные амбары. В России насчитывается 16 тыс. амбаров. Возврат сырой нефти в природу составляет от 10 – 15 тыс. т до 1 млн т на одно месторождение.*

3.4.2. Добыча полезных ископаемых

Различают добычу твердых полезных ископаемых (металлы и неметаллическое сырье) и жидких (вода, нефть, газ, конденсаты). *В год добывают 10 Гт ископаемого топлива и 100 Гт металлов и неметаллического сырья.* В процессе добычи твердых и жидких полезных ископаемых осуществляется значительное воздействие на ОС:

нарушение природных ландшафтов, извлечение породы, руды, заимствование земель под карьеры и сооружения, сведение лесов и уменьшение биоразнообразия, а также загрязнение ОС литогенным материалом, отвалами и хвостами (отходы обогащения), углеводородами, продуктами горения взрывчатых веществ.

К примеру, на каждую тонну цветных металлов сегодня приходится в среднем до трех тонн пустых пород. По данным Н. Бежановой (1985), на одну тонну выплавленного металла приходилось следующее количество пустой породы, т: Fe – 1,2 (до 8,1 при открытом способе добычи), Cu – 4,2; Pb – 3,5; Zn – 3,3; Sn – 8,65; Ni – 5,4; Al – 10,2; Hg – 25; Mn – 2,5; Cr – 6,2; Sb – 5,4. При этом в шлам поступало, т: Fe – 0,9; Cu – 30; Pb – 0,75; Zn – 0,75; Sn – 0,8; Ni – 0,9; Al – 1,0. Горная масса в десятки и сотни раз (Sn, W, Au, Ag и др.) превышала объем добытых металлов. *За всю историю добычи (по 1962 год) было извлечено из недр 717 Гт горной массы.* Содержание в отвалах металла составило, %: Ag – 70; Sn – 6; Fe – 6; Pb – 3,5; Cu – 3,2; что можно рассматривать как возврат металла в природу в цикле добычи.

Потери минерального сырья при добыче – одна из ведущих проблем рационального недропользования. При добыче теряется, %: нефти – 60 – 65; фосфатов – 25 – 30; угля – 14 – 20; горючих сланцев, соли – 61,3; железа – 3,4; хромовой руды – 28,6; свинца, меди – 7,6; гипса – 3,8 и т. д.

За год при добыче полезного ископаемого в среднем теряется, млн т: угля – 189; железной руды – 49; марганцевой руды – 2,4; апатит-нефелиновой руды – 7,4; фосфоритовой руды – 3,3; калийных солей – 13,8. Добыча угля сопровождается выбросами метана (до 111 Мт/год метана поступает в ОС) и шахтных вод (объем вод – 2,5 млрд м³/год, до 4 млн т минеральных солей и около 180 млн т/год механических примесей).

В процессе добычи и обогащения полезных ископаемых на одну тонну концентрата, например цветных металлов, образуется отходов от 150 до 210 т. Известно, что на каждую тонну полученного металла приходится следующее количество руды и горной массы, т: Fe – 1,9; Al – 5,84; Zn – 60; Pb – 70; Cu – 95; Ni – 200; Hg – 400; Ag – 1300; Sn – 2218; W – 25 700; Au – 23 200 000 и Pt – 56 125 000. Образуемые отходы добычи, обогащения и металлургического передела поступают в отвалы и хвосты и представляют техногенные потоки (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Отходы добычи и обогащения на 1 т некоторых полезных
ископаемых

Полезное ископаемое	Отходы при добыче, т	Отходы при обогащении, т
Уголь каменный	3	0,2 – 0,3
Железная руда	5 – 6	0,5 – 0,6
Цветные металлы	100 – 150	50 – 60
Благородные металлы	5000 – 10 000	10 000 – 100 000

В настоящее время общий объем всех видов отходов в мире превышает 800 млрд т, из которых 300 млрд т приходится на твердые отходы.

Возврат сырья в природу происходит как при открытом, так и при подземном способе разработки месторождений.

Открытый способ разработки нашел широкое применение при добыче угля, руд черных и цветных металлов, горнохимического сырья и строительных материалов. По сравнению с подземным способом он обеспечивает более полное извлечение полезного ископаемого, низкую себестоимость добычи, но для него характерны более масштабные выемки пустых пород. С помощью карьеров в мире добывается 95 % строительного сырья, 70 % руды, 90 % бурого и 20 % каменного угля. Глубина карьеров достигает 800 м, а площадь – 3 тыс. га. Размеры карьеров по площади обычно меняются от 2 до 40 км². Отрицательным свойством карьерной добычи является снижение уровня грунтовых вод в окрестностях карьера, образование «лунного ландшафта», загрязнение почв и воздуха порохowymi газами и накопление отвалов.

Схема карьера, разрабатывающего мощное рудное месторождение, с косогорным рельефом местности включает следующие зоны: 1 – железнорудный отвал, зона вскрышных работ буровзрывчатим взрыхлением массива и погрузкой взорванной горной массы экскаватором в железнорудный транспорт; 2 – электростанция; 3 – обогатительная фабрика; 4 – зона добывающих работ с транспортным комплексом для погрузки сырья в самосвалы и думкары для доставки на обогатительную фабрику. В процессе проведения открытых работ формируются главным образом «пустые» отвалы из вскрышных по-

род и боковых пород карьера. Только в отвалах Российской Федерации накоплено свыше 220 млрд т таких пород. Примерно 30 % вскрышных пород пригодны для производства строительных материалов, что может рассматриваться как цикл возврата в природу.

При *подземной* добыче полезных ископаемых основная техногенная нагрузка приходится на геологическую среду и меньшая – на поверхность. На поверхности располагается вся инфраструктура: транспортные сети, промышленные здания, обогатительная фабрика, объекты быта и пр. Казалось бы, что при подземной добыче на поверхность выносится меньше литогенного материала, чем при открытом способе (карьеры). Однако техногенное влияние на ОС подземный способ добычи оказывает не меньшее, а порой и более значительное: например, выбросы метана при добыче угля и формирование сточных вод на месторождениях с сульфидной минерализацией наносят ущерб природе.

3.4.3. Превращение ископаемого минерального сырья в полезное (облагораживание сырья)

Минеральное сырье, добытое горнодобывающими предприятиями, представляет собой руду, которую надо подготовить, прежде чем передать ее потребителю. В настоящее время все полезные ископаемые проходят стадии обогащения и первичной переработки, во время которых происходит потеря ценных компонентов до 80 % от общих потерь. Переработка руд основана на достижениях физики и химии. Применяются разнообразные методы: гравитационные, магнитные и электрические поля; вибрационные, ультразвуковые, электрохимические воздействия; используются радиоактивные, люминесцентные свойства минералов [10]. К каждой руде у промышленности свои требования. Так, медную руду принимают для переработки с содержанием в ней меди не менее 0,5 %. На обогатительной фабрике ее обогащают до 25 – 30 % (концентрат) и после этого направляют на плавку. Свинец перерабатывают с содержанием металла 1 – 2 % и получают концентрат с содержанием металла 60 %; молибден – 0,05 %, а концентрат его составляет 50 % металла.

Определенное количество минерального сырья в виде ТВ расплывается, выгорает и поступает в шлаки в процессе обогащения и металлургического передела. До 1903 года накоплено шламов 4 Гт, а к 2000 году – более 25 Гт.

3.4.4. Обогащение

В основе обогащения лежит оценка степени извлечения и концентрация минеральных компонентов из полезных ископаемых. В процессе обогащения руды весь компонент извлечь не удастся (особенно в комплексных рудах), в хвосты попадает часть химических элементов, которые загрязняют ОС, вступая в естественный круговорот (в данном случае происходит возврат металла в природу).

В хвостах обогащения руд цветных металлов количество неизвлеченных компонентов составляет, %: Sn – 35 – 58; W – 30 – 50; Mo – 19 – 52; Zn – 26 – 47; Co – 24 – 36; Pb – 23 – 39; Cu – 15 – 25; Ni – 10 – 25. В комплексных рудах потери попутных компонентов значительны, %: в медных – Zn – 34, Pb – 28, Mo – 51, Fe₃O₄ – 45, BaSO₄ – 31, S – 34 от содержания в первичной руде. При переработке полиметаллических руд в хвосты переходит, %: Cu – 25, BaSO₄ – 43, Au – 44, Ag – 26. Из вольфрамо-молибденовых руд не извлекаются, %: Cu – 22 – 60, Bi – 81, Ta – 62. Приведенные данные свидетельствуют о значительном резерве для извлечения ценных компонентов из хвостов обогащения – «техногенные грунты», или «техногенные месторождения». В черной металлургии разработана схема обогащения хвостов, которая позволяет получать концентрат, содержащий от 3,4 до 66,2 % железа. При обогащении шламов марганцевых руд добиваются от 15 – 20 до 30 – 54 % выхода концентрата при содержании марганца в нем от 27 до 59 %. Следовательно, с применением новой технологии извлечения компонентов можно говорить о вторичном использовании ресурса.

3.4.5. Агломерация

Агломерация – это процессы спекания рудной мелочи и окускования порошкообразных руд, рудной и колошниковой пыли и огарков. В целях улучшения доменного процесса получают офлюсован-

ный агломерат. В процессе агломерации часть техногенного материала поступает в ОС. Мировая выплавка чугуна использует угольный кокс (99 %), в котором присутствуют примеси: влага – до 6 %, сера – до 2 %, зола – до 19 %. Эти примеси, а также другие привозгонки поступают в атмосферу или попадают в шлаки, формируя техногенный фон вокруг металлургического предприятия (известны случаи переноса загрязнений ветром до 900 км). *На шлак приходится от 45 до 75 % от веса выплавленного чугуна.* Отсюда становится очевидной роль шлака в цикле железной руды. На 1 т готового чугуна расходуется до 3 т железной руды, 0,5 – 0,7 т кокса, 0,25 – 0,40 т флюсов и 2500 – 3000 м³ воздуха. Значительная часть (50 %) шлаков поступает в отходы, а вторая половина (шлаки, доменный газ и колошниковая пыль) используется в производстве цемента и прочих стройматериалов (шлаковая вата, агломераты, наполнители) – происходит возврат металла в природу.

Баланс железной руды (металлический лом, чугун) сохраняется и при производстве стали мартеновским способом и в электропечах. Шихта для мартеновского способа варки стали включает 70 – 90 % жидкого чугуна, 10 – 30 % стального лома, железной руды и флюса. Потери металла (до 40 %) поступают в шлаки. Более всего теряется металла при кислородно-конвекторном способе получения стали (до 7 %), часть металла в виде окиси марганца и окиси кремния поступает в шлаки (до 50 %).

3.4.6. Обогащение, передел руд цветных металлов

Для получения 1 т алюминия требуется: руды – 4 – 8 т, цинка – 20 – 50 т, меди – 20 – 150 т, а для получения 1 т редких металлов – десятки тысяч тонн сырья. Наиболее распространенным способом обогащения является флотационный. Измельченная руда смешивается с водой, эмульсией (смесь носит название «пульпа»). В результате флотации формируются концентраты, содержание металла в которых достигает, %: медном – 15 – 20, свинцовом – до 70. Остальная часть металлов попадает в хвосты. Известно, что чем выше содержание металла в концентрате, тем меньше его теряется при транспортировке. Так, медный концентрат при транспортировке теряет до 20 % металла, а оловянный – всего 3 %.

Баланс меди состоит из следующих элементов: концентраты – 15 – 40 % меди, 35 % серы и до 30 % примеси (в основном железо). При некоторых видах плавки на каждую тонну меди приходится до 8 т серы. Для получения чистой меди используют штейн – сплав сульфидов меди и железа: 20 – 50 % Cu, 20 – 40 % Fe и 25 % S. Черновая медь содержит 96 % Cu и от 0,5 до 4 % различных примесей: Fe, S, Ni, Co, Au, Ag, Sb. Для производства меди также используют металлический медный лом (вторичная медь).

Производство цинка, свинца, магния и титана. Содержание Zn в руде достигает 2 – 7 %, концентрат доводят до 60 %. Полученный при дистилляции цинк содержит примеси других металлов, которые подвергались возгонке вместе с цинком. После дистилляции полученный концентрат свинца подвергают обжигу, охлаждают и получают черновой свинец, содержащий примеси других металлов. В качестве сырья для алюминия берут бокситы, нефелины и алуниты, содержащие до 30 – 40 % Al. На 1 т глинозема выход других продуктов составляет: соды – до 1 т, патоки – около 1 т и цемента – до 10 т. Расход сырья на 1 т алюминия: глинозема – 2 т, криолита – 0,1 т, угольных анодов – 0,60 – 0,65 т. Сырьем для магния являются доломиты, магнезиты, карналит, бишофит. Способ получения магния – электролитный. На 1 т магния расходуется 14 – 15 тыс. кВт/ч электроэнергии, 4,5 т хлорного натрия и 15 – 16 т карналита. Для получения титана используют руду, содержащую ильминит, или титановый железняк – рутил, или двуокись титана. Титановые руды плавят, и образуется титановый шлак, который хлорируют для получения четыреххлорного титана.

3.4.7. Транспортный цикл

Транспортировка сырья, продукта, энергии и тепла является частью цикла ресурсов. Транспортировка (от лат. *transporto* – переноска, перевозка) может проводиться с помощью автомобилей грузоподъемностью 75 – 120 т, железнодорожным транспортом (думкары) – 120 т, конвейером – 2000 мм. В России с применением транспортных средств в угольной промышленности обрабатывается более 50 % от общего объема вскрышных работ, в железорудной – около 90 %, в цветной металлургии и промышленности строительных материалов –

до 100 %. На долю железнодорожного транспорта приходится до 55 % от общего объема перемещаемой горной массы, автомобильного – 35 %, конвейерного – 2 – 5 %. При этом коэффициент вскрыши изменяется от 0,1 до 15,0 м³/т.

Уже то, что центры добычи и предприятия, потребляющие сырье, на много километров удалены друг от друга, является фактором развития техногенеза, так как при транспортировке от 1 до 50 % добытого материала теряется и рассеивается в ОС (уголь, строительные материалы и др.). Так, потери всех руд цветных металлов при транспортировке автомобильным и железнодорожным транспортом составляют от 1 до 25 % от объема первичного сырья [10]. Например, газ по трубопроводу с о. Ямал передается в Западную Германию, и на передающих промыслах (компрессорные станции) до 1 % его (около 5,4 млрд м³ газа) теряется в ОС. Суммарный объем перевозок нефти вырос. В 2000 году на экспорт из России было вывезено свыше 190 млн т сырой нефти, что превысило тот же показатель 1970 года на 36 млн т. Потери при транспортировке нефти по нефтепроводу и железнодорожно-морским транспортом составляли (в отдельные годы) от 1 – 2 до 5 – 10 % от объема первичной нефти. Некоторые потери нефти и конденсата приходятся на аварии – до 80 – 100 млн т/год. Общие потери энергии и тепла (в том числе потери газа и нефти) составляли 2,5 Гт/год.

Изложенный материал по циклам минеральных ресурсов от разведки через добычу к обогащению показывает, что в среднем в год добывается 110 Гт полезных ископаемых, из которых 10 Гт приходится на ископаемое топливо и 100 Гт – на металлические и неметаллические ресурсы.

Из этого количества минерального вещества (80 Гт/год – металлы и неметаллическое сырье, 2 Гт/год – ископаемое топливо) в циклах добычи и обогащения значительная часть в форме отходов поступает в ОС. Отходы производства через сырье, возвращаемое в производство (16,4 Гт/год), совместно с первичными продуктами участвуют в дальнейших циклах внутриобщественного круговорота сырья: транспортировка, эксплуатация изделия и т. д.

Проследим цикл возврата металла в природу (на примере черных и цветных металлов): добыча, обогащение, передел, получение

продукта и изделия, использование (эксплуатация), утилизация (техногенные грунты, металлический лом), вторичное использование техногенных месторождений и лома и возврат в природу. К примеру, за 1998 год в мире было добыто руды, млн т: Fe – 936,5; Mn – 21,899; Cr – 11,004; Ti – 4,387; V – 0,069; Pb – 3,1; Zn – 7,4; Hg – 0,0029; As – 0,118; Co – 0,028 и др. Все металлургические комбинаты России в год (в среднем) добывают 206 млн т железной руды, из которой в результате передела получают 76 млн т товарной руды, выплавляют до 37 млн т чугуна и 49,3 млн т стали, а также проката – 38,9 млн т. Потери металла (назовем эти потери возвратом металла в природу) при обогащении достигают 0,5 – 10,0 млн т.

Более половины выплавленного металла (85 %) тратится на производство конструкций, зданий, сооружений и изделий. Значительная часть металла в конструкциях и сооружениях после нормативного срока эксплуатации (25 – 28 лет) утилизируется и пополняет ежегодно металлоресурсный фонд. Амортизационные ресурсы металлолома увеличиваются: к примеру, в странах Европейского экономического сообщества (ЕЭС) в год (со скоростью 50 – 60 млн т/год) накапливается до 420 млн т металлолома. Определенная часть сырья (около 30 %) распыляется в ОС, начиная с процесса добычи и через подциклы обогащения и металлургического передела, сохраняя общий баланс. Например, железо в хозяйственном круговороте характеризовалось следующими составляющими мирового баланса добычи и производства в 1996 году:

Приход, млн т		Расход, млн т	
(руда, уголь, 1005 (80,4 %) флюсы)		продукция (сталь) – 750,8 (60 %)	
		изделия из чугуна и стали – 88,3 (7,06 %)	
		металлургические шлаки – 8,2 (0,6 %)	
металлический лом 245 (19,6 %)		отвалы вскрышных пород – 200,0 (16 %)	
		техногенные грунты (хвосты, обогащения, золошламы) – 176,0 (14,08 %)	
		распыление в процессе транспортировки и добычи – 26,7 (2,14 %)	
ИТОГО	1250 (100 %)	ИТОГО	1250 (100 %)
		Материальный рециклинг	125

Структура металлофонда России (1,55 млрд т Fe по состоянию на 2000 год) состоит на 47 % из конструкций, зданий, сооружений, а 53 % приходится на оборудование, машины и изделия. Несколько другая структура металлофонда цветных металлов. Около 60 % цветных металлов используется в изделиях и оборудовании и до 40 % – в сооружениях. Возврат металлов характерен для всех элементов, содержащихся в микроэлементном составе первичного сырья. Микроэлементы исходного сырья определяют основные элементопотоки техногенных загрязнений ОС по компонентам природы.

Как следует из металлорудного цикла, извлечение микроэлементов из первичного сырья колеблется от 13,7 % (для кадмия) до 85,3 % (для хрома). Значительная часть микроэлементов накапливается в техногенных грунтах (золошлаковые накопления, шлаковые отвалы и собственно техногенные грунты): от 10 % (для хрома) и до 72,5 % (для кадмия). Наиболее трудноизвлекаемые микроэлементы – это кадмий, цинк, свинец, стронций и никель. Эти элементы и формируют основные техногенные потоки за пределами предприятий. Например, хром активно мигрирует в водной среде (4,2 %), а также кадмий, свинец, стронций (соответственно, %: 8,8, 17 и 8,4), переносящиеся воздушными потоками. Таким образом, масса микроэлементов, не вошедших в состав готовой продукции (от 14,7 % для хрома, до 86,3 % для кадмия), принимается как возврат продукта в природу. Следовательно, циклы минеральных ресурсов можно рассматривать в качестве факторов, влияющих на формирование и развитие техносферы.

В качестве вывода приведем данные по добыче полезных ископаемых и возврату техногенных веществ в природу. В зоне техногенеза гидrolитосферы осуществляется изъятие полезных ископаемых, пустых пород, воды, газа и частичный их возврат, но уже в качестве ТВ.

Общий ресурсный цикл от добычи до возврата в природу за 1980 год составил: добыто всего – 19 227,4 млн т; пустых пород – 6449,2 млн т; воды – +21,9 км³; растворенных солей – +1149,1 млн т; газов – 97,5 млн т, что согласуется с расчетами по ресурсному циклу в системе внутриобщественного круговорота веществ.

3.4.8. Циклы продуктов и изделий через эксплуатацию и разрушение – возврат в производство и природу

Анализ жизненного цикла продукта и изделия позволил проследить цепочку возврата продукта в природу через технологический цикл [7]. Каждый продукт или изделие по ГОСТу характеризуется сроками потребления и эксплуатации. Из всего добываемого ископаемого топлива (10 Гт/год) 20 % расходуется в качестве технологического топлива, 20 % приходится на потери в процессе добычи и обогащения и лишь 60 % потребляется непосредственно для получения тепла и энергии (6,0 – 6,5 Гт/год). Эта величина отражает только 1/3 часть необходимого продукта (15,7 Гт/год) для получения годовой энергии, которая восполняется за счет ранее накопленных ресурсов и других источников тепловой и электрической энергии. Часть энергии выделяется при рециклинге органических ресурсов, а также в процессе переработки нефтепродуктов (18,2 Гт/год). В целом потери тепла, энергии от использования ископаемого топлива и в процессе транспортировки тепла и энергии составляют около 6,5 Гт/год. В ОС отходы поступают в виде CO, CO₂, золы, шлаков, летучей золы, SO, NO_x, радиоактивных остатков и др.

Жизненный цикл продуктов и изделий определяется их потребительскими качествами. Роль автомобиля в возврате сжигаемого топлива в природу, а также металла утилизированного автомобиля растет и будет расти. До 2000 года на первом месте по количеству выбрасываемых загрязнений находилась энергетика, а начиная с 2000 года лидером стали автомобили. По расчетам В. А. Рогачева и В. Н. Денисова автомобильный парк мира составляет 394 млн авто (2002). Лидерами выступают США – 207 млн автомобилей и Япония – 77 млн. Россия располагает парком в 23 млн автомобилей. По прогнозу Ю. В. Трофименко, в 2020 году в России будет порядка 55,3 млн автомобилей. Отсюда становится очевидным, что жизненный цикл автомобиля приобретает важное значение в возврате в природу углерода (путем его сжигания) и металла (через рециклинг и переплавку).

Жизненный цикл изделия характеризует автомобильная отрасль на примере экобаланса автомобиля. Так, в Японии производят 5 – 7 млн

ед./год, демонтаж – 25 – 35 %, сортировка и сепарация – 50 – 60 %, разрушение – до 15 %, утилизация и захоронение (при этом в ОС поставляется до 900 тыс. т/год пыли). Этапы жизненного цикла автомобиля складываются из получения сырья и материалов, транспорта сырья, производства автомобиля, эксплуатации и утилизации. Основная часть затрат энергии и сырья (углеводороды) приходится на эксплуатацию автомобиля, %: энергозатраты – 71,1; CO₂ – 74,2; SO₂ – 14,7; NO_x – 52,3; твердые частицы – 4,8; CO – 88,3; C_xH_x – 57,8; отходы от горения горючего – 100; частицы дорожного покрытия – 100; частицы тормозных накладок – 100.

Здания и сооружения. В них сконцентрировано значительное количество литогенного материала и металлических конструкций. В современных зданиях и сооружениях сосредоточено до 40 % всего добываемого металла (Fe, Mn, Al) [10]. Возврат материала в природу предлагается оценивать по формированию искусственных грунтов от разрушения зданий и сооружений как от старения, так и в результате их преднамеренного уничтожения, а также от металла, направляемого на полигоны. Средние сроки функционирования зданий следующие: глинобитные здания – 10 лет, железобетонные – 30 лет, кирпичные по мере разрушения природой (выветривание) и морального устарения – 80 – 100 лет.

Разрушение происходит как природное (стихийное): от землетрясений, оползней, торнадо, так и вызванное строительными работами и военными действиями. Например, 17 июля 2000 года в штате Алабама торнадо разрушил 60 тыс. домов. Возврат литогенного материала в природу составил 120 тыс. т. Второй пример связан с проявлением селей. Надо сказать, что сели и оползни наиболее типичны для горных районов [7]. В г. Нефтегорске Краснодарского края в феврале 2002 года произошел оползень (из-за сильных дождей), который полностью разрушил 29 домов, построенных на желтых глинах с неровным рельефом.

От землетрясений был полностью разрушен г. Ашхабад (1949). 110 тыс. человек погибло, разрушено 80 тыс. построек (дома одноэтажные – 70 %, двух- и трехэтажные – 30 %). Масса образовавшегося разрушенного литогенного материала составила около 1,05 млрд м³. В г. Нефтегорске на Сахалине было разрушено 260 домов общим объ-

емом литогенного материала 3,9 млн м³. Содержание железа в зданиях составило около 10 %. Аналогичное землетрясение произошло в г. Спитак (Армения) – разрушены почти все здания и сооружения (около 6 тыс. построек).

Две трети ущерба от землетрясений приходится на разрушенные жилые дома и промышленные сооружения. По общим подсчетам в ОС поступает свыше 6,4 Гт/год литогенного материала и 1,4 Гт/год металла.

В результате войн почти полностью разрушаются строения, переносится большое количество литогенного материала (возврат в природу). Так, только в период 1941 – 1942 годов объем вынутого и перемещенного грунта составил свыше 250 млн м³. М. И. Хазанов пишет: «Надо полагать, что инженерная подготовка европейских театров военного действия в первую и вторую войны потребовала выемки и перемещения нескольких миллиардов м³ грунта». Сопоставление сроков функционирования зданий и сооружений, обусловленных проявлением природных катастроф, военных действий и инженерных работ, позволяет нам определить продолжительность жизненного цикла зданий. Это в среднем около 30 лет. Причем этот срок разный для кирпичных и железобетонных конструкций, и он определяется СУСНами по гражданскому строительству для разных климатических условий. По мере разрушения зданий и сооружений литогенный материал образует искусственные техногенные грунты (строительные, железобетонные конструкции).

Использовать металлические конструкции в зданиях и сооружениях предусматривается 70 – 100 лет при среднем сроке в 30 лет. Масса всех зданий и сооружений, созданных людьми, приблизительно равна 200 – 250 Гт; масса орудий труда и механизмов – 15 – 20 Гт; материалов в мировой экономике используется до 9 Гт/год; возврат в основные фонды (до 80 %), потребление людьми составляет в массе 1,5 Гт/год. Схема потоков веществ по циклу в природе от изъятия их обществом из природы до возврата в природу приведена на рис 3.5.

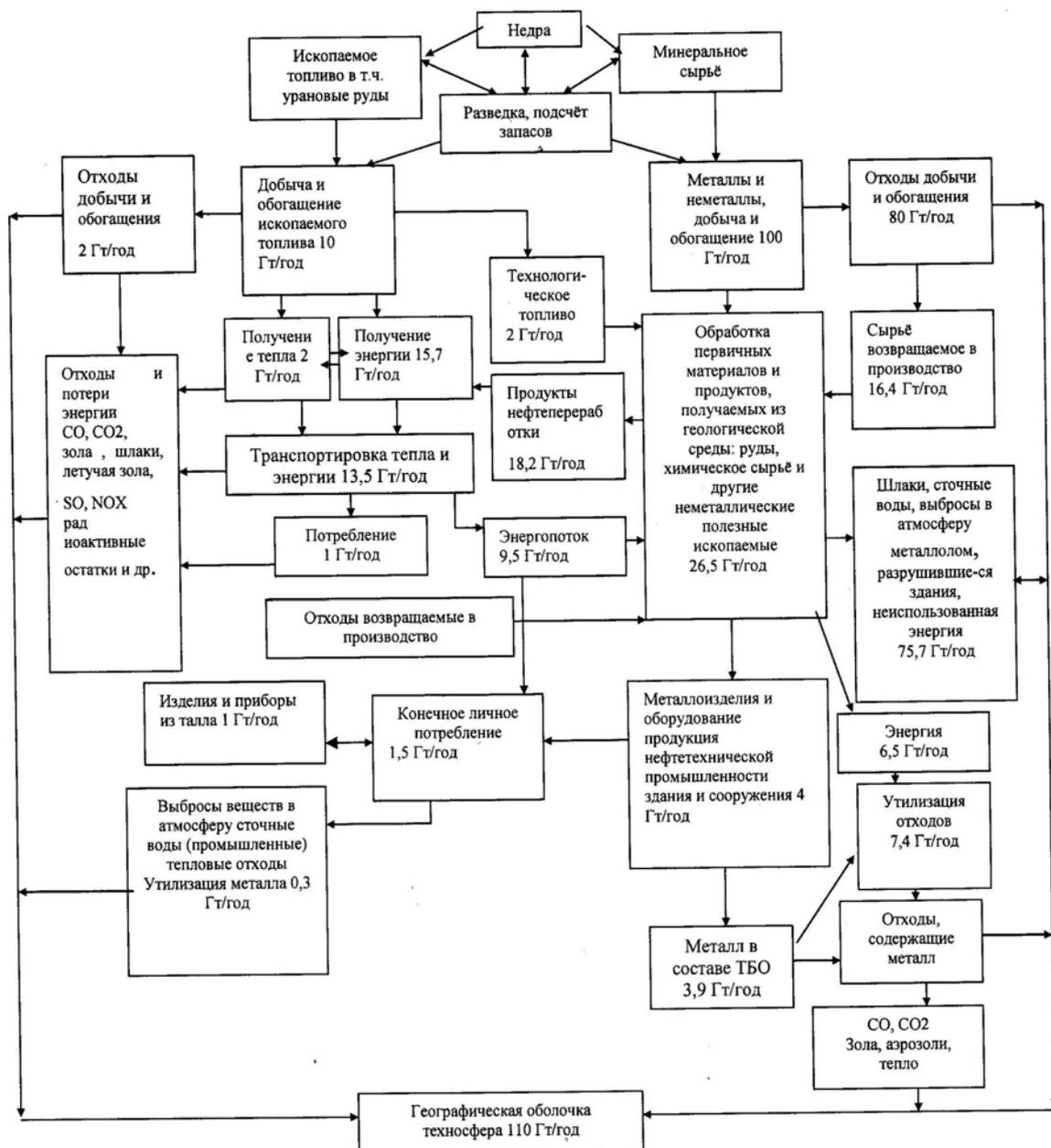


Рис. 3.5. Схема потоков веществ

Из рисунка следует, что во всех звеньях природного цикла веществ и энергии происходят значительные потери сырья, воды, твердых частиц, металлов и энергии в подциклах от добычи, обогащения, передела и изготовления изделий, эксплуатации, утилизации до возврата их в производство и природу, т. е. прямое пополнение техносферы. Учитывая, что главная часть добытого сырья в первые годы (4 – 5 лет) поступит в ОС в виде ТВ, то оставшаяся часть пополнит техносферу по прошествии срока эксплуатации основных средств

(через 5 – 70 лет). Следовательно, можно сформулировать одну из определяющих закономерностей функционирования техносферы: добытое минеральное сырье через продукты и изделия (в процессе эксплуатации и использования) после разрушения и утилизации пополняет вторичные ресурсы и обеспечивает возврат вещества в природу.

Возврат сырья в производство через твердые бытовые отходы (ТБО). В среднем в мире ежегодно накапливается до 1 Гт ТБО. Более всего их накапливается в развитых странах (США – 300 млн т/год, Россия – 45,6 млн т/год). Складируется на полигонах – от 22 до 100 %, сжигается – от 0 до 80 %, компостируется – от 0 до 15 %, утилизируется промышленностью – до 11 %. Состав ТБО (средний по миру), %: жести – до 25; алюминий – до 3; картон, бумага – 8; полимеры – 40; текстиль – 24. В США из 1 т ТБО получают 63,5 кг черных металлов и 9 кг цветных металлов. Отсюда выход черных и цветных металлов можно рассматривать как процесс возврата сырья в производство.

Аналогичным образом можно рассматривать возврат в производство отходов, содержащих пластмассы. В год в мире накапливается свыше 20 млн т пластмасс (данные на 2000 год), часть которых (до 40 %) в Японии, в Германии используется в качестве рециклинга для получения вторичных полимеров; от 15 до 40 % сжигается для производства энергии – возврат в производство; оставшаяся часть пластмассовых отходов захороняется на полигонах.

Цикл техногенных грунтов (или сырье, возвращаемое в производство). Накопление громадных объемов промышленных отходов в основных горнорудных районах обусловлено экстенсивным характером освоения минеральных ресурсов. Отходы всех видов промышленного производства и коммунального хозяйства отрицательно воздействуют на ОС, а техногенные грунты рассматриваются в качестве источников добычи металла (возврат в производство). Таких минеральных отходов – техногенных грунтов – накоплено свыше 100 млрд т. Сырье (металлы, пластмассы и др.), возвращаемое в производство (разработка техногенных месторождений), составляет по миру около 16,4 Гт/год. Ежегодное пополнение техногенных грунтов осуществляется за счет отходов добычи и обогащения (80 Гт/год). В ОС выбрасывается значительно большая масса отходов потребления, чем допускается в техногенных грунтах. Проведенные нами и други-

ми исследователями расчеты (2000) циклов отходов [7] дали следующие их виды и количества, Гт/год: газы (в атмосферу) – 50,8 – 52,5; твердые частицы (в атмосферу) – 0,72 – 1,00 твердые отходы – 15 – 18; углеводороды – 0,2 – 0,3; органические – 13,0 – 14,5; фекальные – 24,3; всего – 104,1 – 110,6. Следовательно, общее количество всех видов отходов (104 – 110 Гт/год) соизмеримо и даже превышает количество ТВ (минеральных), накопленных в грунтах, равное 100 Гт [6; 8]. По данным немецких экологов ЕЭС, в первой половине 90-х годов XX века в странах сообщества ежегодно образовывалось свыше 2 млрд т техногенных материалов (отходов), в том числе, млн т: твердых бытовых отходов – 150, промышленных отходов – 330, сельскохозяйственных отходов – 700.

В структуре отходов производства (помимо перечисленных выше) выделяются следующие составляющие: шлаки (180 млн т/год), сточные воды (5,6 тыс. км³), выбросы в атмосферу (от 250 – 720 млн т до 2,5 Гт), металлолом (334 млн т/год), разрушившиеся здания (14 Гт) и неиспользованная энергия, в сумме составляющие 75,7 Гт/год. Среди стран бывшего СССР больше всего техногенных грунтов (вторичных месторождений) накапливается в России и на Украине. Так, на Украине годовой выход горнопромышленного производства составляет 1,9 млрд т (70 % от объема добытой горной массы), из которых на горную промышленность и черную металлургию приходится около 1 млрд т. Отходы углеобогащения – 108 млн м³, золошлаков – 38 млн м³. В России отходы горнорудной промышленности уже достигли 4 млрд т/год в виде вскрышных и вмещающих пород (75 – 90 % объема добытой горной массы).

В цикле техногенных грунтов участвуют: твердые бытовые отходы (ТБО), осадки сточных вод, перемещенные грунты, вскрышные породы, вторичные материалы и ресурсы и вторичные энергоресурсы. В значительной части перечисленных компонентов задействованы металлы в разных видах: распыленные в грунтах, растворенные в сточных водах и в качестве металлолома. Например, уровень рециклинга металлолома достиг в 2000 году в мире в среднем 42 – 45 %, а в США и Японии превысил 50 % от общего объема производимой из железа продукции. Известно, что средний срок службы стальных конструкций в развитых индустриальных странах составляет 15 лет, а автомобилей и электрооборудования – 3 – 5 лет. Следовательно, увеличивается доля оборотного лома (30 %). Доля амортизационного лома

будет постоянно увеличиваться и к 2020 году составит по миру 35 – 36 %. Например, в Японии динамика образования железного лома с 1980 года (40 млн т) по 2020 год (70 млн т) свидетельствует о росте всех видов накоплений железного лома почти в два раза. К активной части техногенных ресурсов металла (горного, цветного) относятся: собственно металлолом (в хранилищах, свалках, на полигонах) – 30 %; металлосодержащие машины, агрегаты, бытовые приборы – 10 – 20 %; несущие конструкции в зданиях и сооружениях (в основном железо) – 20 – 30 %; техногенные грунты металлургических предприятий, содержащие в своем составе железо, марганец и цветные металлы, – 20 %. Жизненный цикл изделия оценивается амортизационным сроком металлолома. Для тяжелой индустрии – 28 лет, а для легкового автомобиля – 3 – 5 лет. В среднем амортизационный лом по России составляет 30 млн т/год, что характеризует цикл возврата металла в производство по состоянию на 2000 год. В структуре мирового (среднегодовой с 1996 по 2002 год) баланса железа (1250 млн т) техногенные ресурсы (лом амортизационный) составляли 24,3 %; производственный рециклинг – 10 %; выход товарной продукции – 60 %; вскрышная порода (отвалы и закладка выработанного пространства) – 16 %; техногенные грунты (хвосты и золошлаки) – 14,05 %; металлургические шлаки – 0,65 % и выбросы в виде пыли (при транспортировке сырья и при добыче) – 2 %.

На Гайском ГОКе (Урал) внедрена технология очистки от тяжелых металлов рудничных вод и промстоков с получением чистой меди, цинкового купороса, серебра, никеля и других металлов. В год здесь получают до 1000 т меди и 2000 т цинкового купороса, т. е. происходит возврат металла.

Отходы обогащения используются в России на 15 %, на Украине – 17 %, а в США – 26 %, металлошлаки соответственно на 35 %, 43,6 % и 65 %, золошлаки ТЭЦ – на 8 %, 13 % и 18 %. Как видно из сопоставлений, извлечение металлов из техногенных отходов только набирает силу. В развитых странах потребление Cu, Pb, Sn, Al на 30 – 50 % покрывается за счет вторичного сырья.

Из золошлаковых отходов ТЭЦ можно изготовить порядка 30 видов стройматериалов, в том числе ведущие изделия, заполнители, добавки, цемент, бетон, минеральную вату. Каждый вид отходов минерального сырья имеет широкую область применения в народном хозяйстве [10].

Баланс минерального вещества и энергии в глобальном плане соответствует структуре формирования техносферы в течение одного года. На основе анализа разных подходов, точек зрения и данных рассчитаны и предложены схемы формирования современной техносферы с учетом роли минерально-энергетической составляющей [7].

На рис. 3.6 приведена схема современного круговорота техногенного вещества на Земле в течение одного года. Общая масса вещества, задействованного в антропогенном круговороте, превысила в 2002 году 4 трлн т. Из 120 млрд т минерального сырья (110 Гт) и биомассы (10 Гт), вовлеченных в мировую экономику, лишь 9 млрд т (7,5 %) было преобразовано в готовую продукцию. Значительная часть первичного сырья (около 80 %) тратится на формирование основных фондов и резервы производства всех отраслей мирового хозяйства. Малая часть первичного сырья (1,5 млрд т) расходуется непосредственно на личное потребление людьми, в том числе на нетто-потребление продуктов питания.

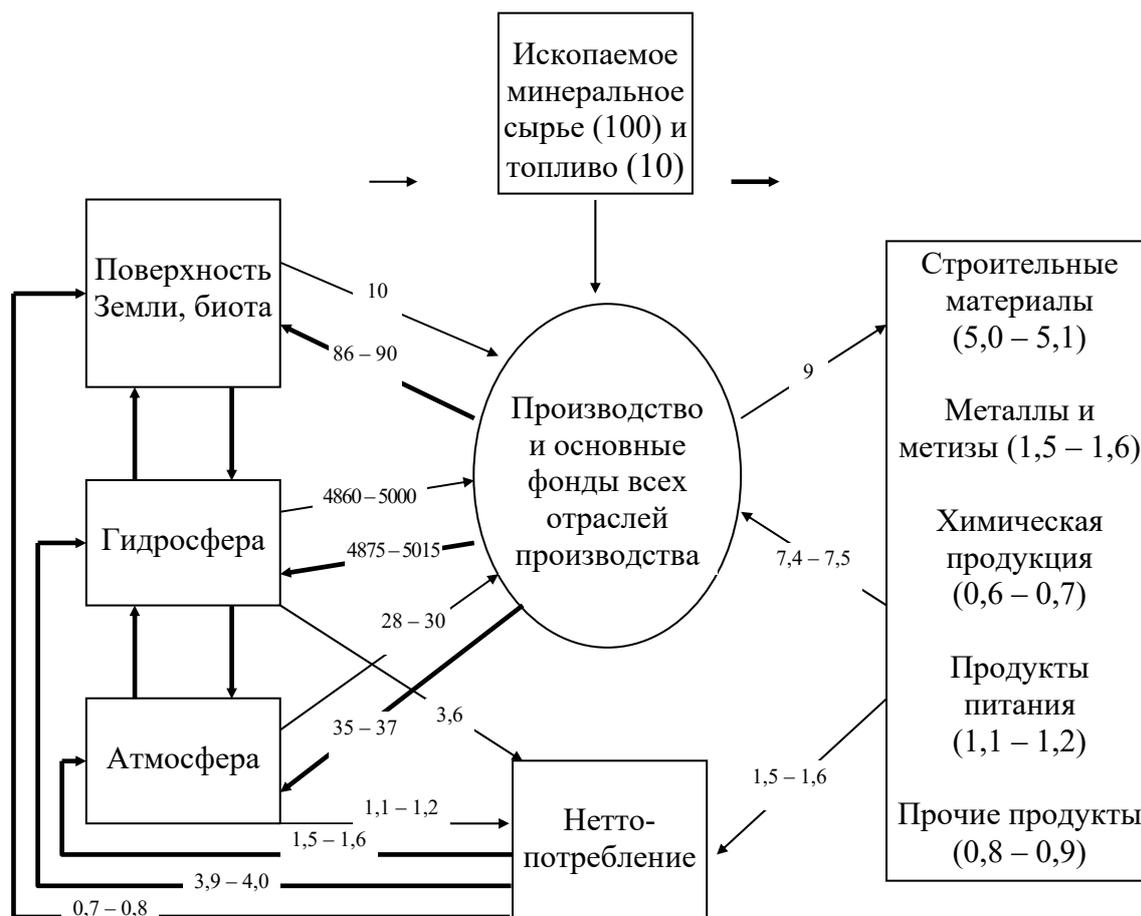


Рис. 3.6. Схема глобального техногенного материального баланса.
Потоки потребления и потоки отходов, Гт

Из ОС (гидросферы и атмосферы) в год общество потребляет до 3,6 млрд т питьевой воды и около 1,1 млрд т кислорода. В атмосферу возвращается до 1,5 млрд т выдыхаемого людьми диоксида углерода и паров воды. Одновременно в ОС поступает до 18 кДж теплоты. В водоемы и на земную поверхность выбрасывается около 3,9 млрд т жидких и до 0,7 млрд т твердых отходов (производственных и бытовых). В последние годы бытовые отходы стали называть отходами жилищно-коммунального хозяйства, которые по своим объемам в 2001 – 2002 годах стали сравнимы с производственными в связи с резким увеличением населения Земли. Разница между приходом и расходом – около 100 млн т, что объясняется быстрым ростом населения и – как следствие – увеличением доли бытовых отходов.

Человечество ежегодно использует до 10 млрд т сухого вещества биомассы в качестве сельскохозяйственной продукции, а также древесины, что соответствует 7 % продукции фотосинтеза на суше. Наряду с этим за счет антропогенного сведения лесов происходит уменьшение биомассы и продуктивности природных экосистем (замещение их техноприродными системами). Таким образом, наблюдается уменьшение биопродуктивности биосферы (по оценкам разных исследователей – от 12 до 25 %). Это уменьшение есть результат антропогенеза, т. е. его отрицательная сторона. Так, одних только твердых и жидких отходов у добывающих отраслей промышленности ежегодно образуется около 100 млрд т, из которых 85 млрд т представляют техногенные грунты с достаточно большим содержанием первичного металла (от 0,5 до 10,0 %). Ежегодно человечество сжигает более 10 млрд т ископаемого топлива, диоксид углерода от горения которого поступает в природный массопоток элементов; более 7 млрд т биологически окисленной растительной биомассы на техноприродных системах вступает в массообмен в атмосфере. Процесс массообмена заимствует у природы до 40 млрд т кислорода, при этом в атмосферу возвращается до 44 млрд т диоксида углерода, 12 млрд т паров воды и значительное количество пыли и механических частиц (до 1 млрд т). Процесс загрязнения ОС газами и пылью сопровождается выделением более 530 кДж теплоты. Особое место в поставке техногенного материала (вещества) в ОС отводится электроэнергетике, которая занимает до 25 % всего энергобаланса техносферы.

Изложенные данные по материальным потокам в техносфере необходимо учитывать при оценке энергозатрат на проведение кон-

кретных производственных процессов, расчетах энергетических эквивалентов материалов и энергоемкости продуктов. Ю. С. Юсфин, ссылаясь на данные материальных потоков в Германии, приводит их расклад по действующим в стране предприятиям и импортируемым из-за рубежа материалам. Так, в течение 1989 года в страну было ввезено 433 млн т готовых материалов. Основная часть отходов производства (2,1 млрд т) осталась в странах-экспортерах. Причем в этих странах эрозия почв от отходов производства составила 304 млн т. Местные техногенные потоки Германии – это в основном вещества неорганического происхождения (3,993 млрд т): 829 млн т – минералы, 0,4 млн т – металлические руды и 366 млн т – энергосистемы. В процессе производственного цикла от всего количества первичного сырья и энергии отходы составили 2,798 млрд т (около 70 %). При этом поток сухого биотического вещества был более 82 млн т и почвенная эрозия – около 129 млн т. Далее автор пишет, что общая масса твердых отходов равнялась 2,891 млрд т, из которых только 222 млн т (7 %) поступают на контролируемые полигоны, а 2,669 млрд т (83 %) захороняются в верхних горизонтах литосферы (шахты) и в почвах, т. е. пополняют техносферу. Наряду с литосферой техногенные потоки поступают в атмосферу (1,599 млрд т в виде парниковых газов: CO₂ – 1,032 млрд т, NO_x, SO₂ и CO – около 20 млн т, другие вещества – 17 млн т, водяного пара – 530 млн т); со сточными водами выбрасывается 34 млн т минеральных веществ; например, ежегодно промышленные предприятия Германии увеличивают объемы производства на 1 млрд т, и, как следствие, возрастают отходы производства. Этот процесс характерен практически для всех развитых стран, а также для новых развивающихся стран, на которые приходится основные объемы техногенного вещества, поставляемого в ОС.

Изложенный материал по проблеме круговорота вещества и энергии показывает сложность проблемы, ее недостаточную изученность. Ресурсные циклы природы действуют в тесной связи с хозяйственной деятельностью общества. Всё, что добыто обществом из природы для своего развития и существования, «должно» быть возвращено в природу, но уже в другом, измененном (техногенном), состоянии. Возвращенный в природу материал (вещество и энергия) пополняет техносферу. Ресурсные циклы выступают в качестве технологической цепочки системы возврата вещества и энергии в природу.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение энергоресурсного цикла.
2. Что такое металлорудный цикл?
3. Охарактеризуйте особенности неметаллического полезного ископаемого.
4. В чем суть внутриобщественного круговорота веществ (поиски, разведка, добыча полезного ископаемого, обогащение)?
5. Что такое эксплуатация механизмов, оборудования, веществ и возврат их в природу?

Контрольные задания

1. Составьте перечень ресурсных циклов.
2. Проследите жизненный цикл ресурсов, изделий и продуктов для конкретного региона Российской Федерации.
3. Составьте схему потоков веществ.

Список основных источников

1. Алексеенко В. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М. : Наука, 1990. 140 с.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. : Высш. шк., 1988. 327 с.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии : учеб. пособие. М. : Высш. шк., 1998. 413 с.
4. Ермаков В. В. Биогеохимическое районирование континентов // Биогеохимические основы экологического нормирования. М., 1993. С. 5 – 24.
5. Исаев Е. Н., Давиденко И. В., Клубов С. В. Оценка природно-ресурсного потенциала экономических районов, стран, регионов // Разведка и охрана недр. № 6. 1994.

6. Исаков Ю. А., Казанская Н. С., Панфилов Д. В. Классификация, география и антропогенная трансформация экосистем. М. : Наука, 1980. 226 с.

7. Карлович И. А. Основы техногенеза. В 2 кн. Кн. 1. Источники и потоки загрязнения окружающей среды. Владимир : ВГПУ, 2003. 330 с.

8. Козловский Е. А. Минерально-сырьевые проблемы России накануне XXI века. М. : МГУ, 1999. 401 с.

9. Комар И. В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М. : Наука, 1975. 210 с.

10. Свойства, потребление и производство основных видов минерального сырья / С. А. Акылбеков [и др.]. Мингео Республики Казахстан, Алма-Ата, 1995. 187 с.

Глава 4. ПРОБЛЕМА МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Несмотря на большое количество поллютантов, сопровождающих хозяйственную деятельность общества, в каждом регионе, городе преобладают «свои» поллютанты, обусловленные спецификой производства.

Особое место среди поставщиков техногенных веществ в ОС занимают катаклизмы в природе, в том числе катастрофы.

Так, например, г. Ашхабад был полностью разрушен при землетрясении (1948) а также г. Спитак в Армении (1988) и о. Гаити (2010). В них оказалось нечего восстанавливать.

Бюро ООН по координации помощи пострадавшим регионам от природных стихий разработало шкалу чрезвычайных ситуаций по числу жертв: 1 – 10 жертв – несчастный случай, 10 – 1000 – катастрофа, 1000 – 1 000 000 – бедствие, более 1 000 000 – национальное бедствие. В эту шкалу входят и катастрофические землетрясения и жертвы от них (рис. 4.1).

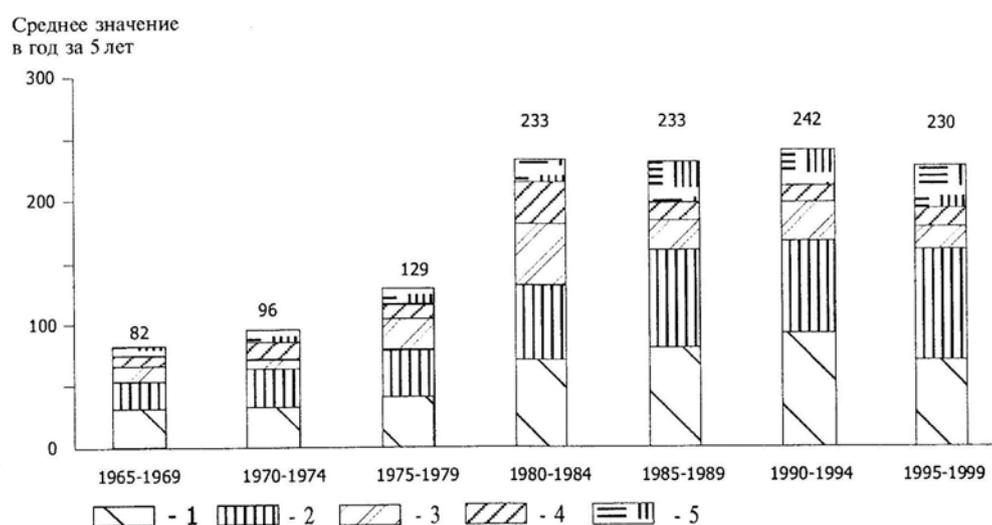


Рис. 4.1 Динамика стихийных бедствий в мире в 1965 – 1999 годах [4]: 1 – тайфуны и штормы, 2 – наводнения, 3 – землетрясения, 4 – засухи, 5 – другие катастрофы

Динамику чрезвычайных ситуаций по видам опасностей, их вызывающих, привел В. И. Осипов [4]. Он обобщил данные о 1062 стихийных бедствиях за последние 35 лет XX столетия. Преобладали наводнения (343 проявления), тропические циклоны, тайфуны (311 про-

явлений), землетрясения (161 проявление) и смерчи (127 проявлений), т. е. около 80 % от 1062 проявлений. Более всего стихийных бедствий в XX веке пришлось на последние 20 лет, в среднем по 234 случая за пятилетие. Этот процесс продолжает нарастать и в начале XXI века (землетрясения на Гаити и в Чили 2010 года, ряд цунами в Юго-Восточной Азии, торнадо на Юго-Восточном побережье США и др.).

Наводнения занимают первое место по частоте среди всех стихийных бедствий, второе место по числу жертв и третье – по среднему многолетнему ущербу. Характер наводнений определяется природными факторами.

Большинство крупных стихийных бедствий (около 70 %) сосредоточено на земном шаре в полосе от экватора до 20° с. ш. Основываясь на динамике стихийных бедствий, проведенной В. И. Осиповым и А. Л. Шныпарковым, отметим, что в течение XX века преобладали:

- 1) эндогенные стихийные бедствия (землетрясения, цунами, извержения вулканов);
- 2) наводнения;
- 3) ураганы;
- 4) засухи;
- 5) другие катастрофы (рис. 4.2).

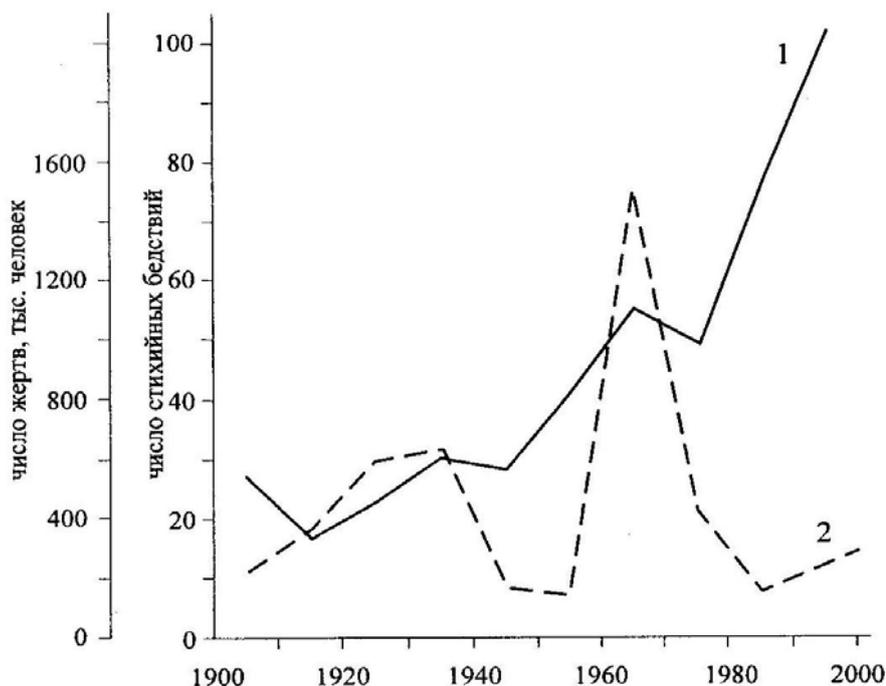


Рис. 4.2. Динамика числа стихийных бедствий и жертв от них (в расчете на одно десятилетие) в XX веке на Земле: 1 – число стихийных бедствий; 2 – число жертв стихийных бедствий

Ущерб от стихийных бедствий порой превышает глобальный валовой продукт. К примеру, за 1994 – 1999 годы (по данным В. И. Осипова [4]) прирост ущерба от стихийных бедствий составил 6 %, а прирост валового продукта – около 2,2 % в год.

В заключении раздела следует отметить, что природные стихии представляют огромную силу по возврату разрушенного литогенного материала в природу, они также выступают в качестве механизма миграции техногенных веществ в биосфере.

4.1. О механизме вовлечения техногенных веществ в атмосферу

О дальности переноса дисперсных частиц могут свидетельствовать переносы частичек песка от средней части пустыни Сахара до Кубы через Атлантический океан [1]. Наблюдения показали, что концентрация в воздухе пыли, выносимой из Сахары, над островами Зеленого мыса 04.04.1994 плавно возрастала от 24 мг/м у поверхности до 1,1 мг/м³ на высоте 460 м и столь же плавно убывала на высоте 2,6 км. [2].

Пожалуй, первый, кто нашел объяснение попаданию частицы с земли в воздух, был Н. Е. Жуковский [3]. Он объяснил захват частицы с земли и поступление ее в воздушный поток с помощью ветрового вихря. В последующем исследователи определили ветровые вихри с горизонтальной направленностью и вертикальной (рис. 4.3). По данным многих экспериментов, именно вихри с вертикальной осью являются механизмом вовлечения дисперсных частиц в воздушные потоки.

Отсюда вихревая подъемная сила $F_{жi}$ представлена в виде [2]

$$F_{жi} = K^{**} \pi r_i^2 \rho_v U^2, \quad (1)$$

где K^{**} – коэффициент подъемной силы; r_i – радиус частицы; ρ_v – плотность воздуха; U – скорость потока за пределом пограничного слоя.

Диапазон K^{**} сравнительно небольшой (0,03 – 0,18). Чем больше плотность частички, тем выше значение K^{**} . Наибольшей «летучестью» характеризуются частички угольной пыли ($K^{**} = 0,03$). Так как

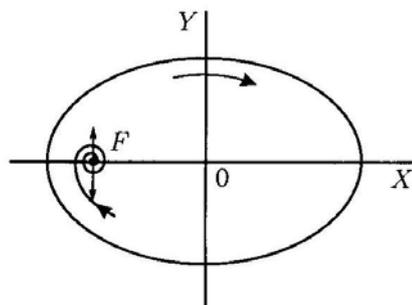


Рис. 4.3. Схема захвата частицы эллиптическим вихрем

ниже, чем 0,03, K^{**} не предложено, то эту величину можно принять и для всех дисперсных частиц (ТВ), поступивших в атмосферу.

Следовательно, уравнение Жуковского (1) можно использовать не только для отрыва частицы от земной поверхности (почвы), но и в случае ее переноса по воздуху.

В странах Западной Европы за 10 лет (1980 – 1990) валовой поток различных металлов из атмосферы был следующим, мг/м² в год: Pb – 2 – 50; Zn – 5 – 35; Cu – 1 – 25; Ni – 0,2 – 2,0; Cd, Cr – 0,1 – 1,0. Исходя из этих данных, можно сделать вывод: основным источником загрязнения почв и водоемов является осаждение тяжелых металлов из атмосферного воздуха.

4.2. Роль дефляционных и местных ветров в переносе и отложении техногенных веществ

Значительную транспортировочную роль в переносе техногенных веществ выполняют *дефляционные ветры*, которые широко распространены на территории Северной Евразии.

В каждом регионе сумма локальных объектов (карьеры) образует антропогенно-техногенный объект регионального масштаба в качестве источника механических частиц и техногенных веществ, вовлекаемых дефляционными потоками ветра и местными ветрами в естественный круговорот.

Как следует из данных (рис. 4.4), в воздух над Владимирским регионом больше всего пыли поступает в мае – августе. Эта пыль подхватывается дефляционным и местным ветрами в атмосферу.

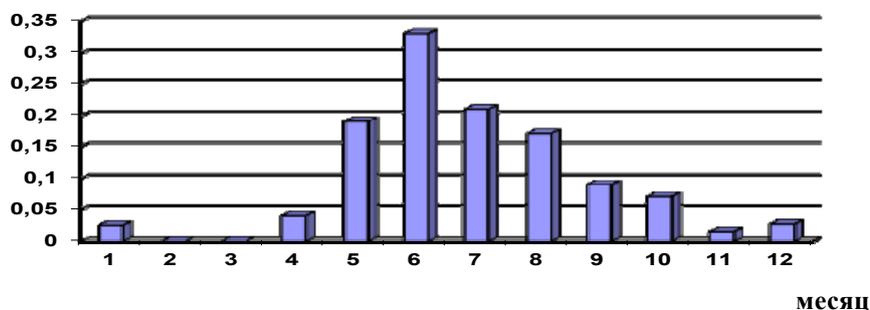


Рис. 4.4. Среднемесячные концентрации пыли, мг/м³, в воздухе над Владимирским регионом (источник – Состояние окружающей среды Владимирской области в 2007 году)

Каждый из местных ветров в России характеризуется определенными физическими параметрами и влияет не только на погодные условия, но и на перенос техногенных веществ. Например, Армавирский ветер – сильный, холодный и пыльный (юго-восточный), дующий вдоль долины р. Кубань в Армавирском коридоре-теснине между Ставропольским плато и Кавказскими предгорьями. Скорость этого ветра достигает 20 – 40 м/с. При такой скорости образуется стена пыли, срывается с земли почва, выдуваются посевы. В Ставропольском крае, Калмыкии, Сальских степях известен сухой восточный или юго-восточный ветер Астрахани, сопровождаемый пыльной бурей. Другой пример местного ветра – Баргузин: северо-восточный ветер, дующий из Даурских степей в сторону оз. Байкал. Скорость этого ветра, при которой он переносит техногенные вещества промышленных предприятий, находящихся на пути его протекания, и загрязняет ими оз. Байкал, – более 20 м/с.

Ветры разных румбов приносят во Владимирский регион различные загрязнения (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Главные элементы атмосферных выпадений,
принесенных с воздушными потоками (2007)

Преобладающее направление воздушных масс	Количество выпавших элементов, т/км ²	Главные элементы в составе выпадений
Северное	0,52	Ni, Cu, Co, Cd, Fe, Mn, V
Западное	3,03	Pb, Zn, Sr, Al, S, CH ₄
Южное	0,95	Fe, Mn, Mg, Si, Ti, V, CH ₄
Восточное	1,35	Fe, Mn, Zn, Si, P, Al, CH ₄

На территории Владимирского региона (Клязьминский и Окский водосборные бассейны) с 1992 года наибольший спад поступлений загрязняющих веществ в атмосферу пришелся на 2000 – 2006 годы (табл. 4.2). Только лишь автомобильный транспорт увеличил количество загрязнений, поставленных в воздух, вдвое, что в 2007 году составило 75,4 тыс. т. Более того, транспорт стал превышать стационар-

ные источники по количеству загрязнений, поставляемых в атмосферу. Опережение сохранялось в 2007 и 2008 годах в связи с ростом автомобильного парка.

Таблица 4.2

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ
во Владимирском регионе, тыс. т

Название компонента	Год						
	1992	1994	1995	2003	2004	2005	2006
Оксид углерода	66,93	98	58,46	70,57	71,2	71	68
Оксид азота	17,45	18,02	17,07	14	14	14	14,2
Диоксид серы	35,76	28,6	23,48	8,87	8,4	8,8	8,4
Всего загрязнений от стационарных источников	116,2	88,4	74	49,2	47,1	45,5	41,1
Всего загрязнений от автомобильного транспорта	47,07	49,3	49,09	69,99	72,2	73,3	74,7

В составе техногенных веществ, выпавших над Владимирским регионом, присутствуют компоненты, характерные для окружающих регионов и трансграничных переносов (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ
во Владимирской области и близлежащих
городах и регионах, тыс. т в год*

Субъект	Всего			
	1992	1995	2000	2004
Владимирская обл.	163	123	120	119
Ивановская обл.	149	89	90	96
г. Москва	1827	1928	1200	1191
Московская обл.	1135	1503	1550	1445
Нижегородская обл.	771	376	300	226
Рязанская обл.	337	290	150	142
Ярославская обл.	338	338	250	216

* Источник: Состояние окружающей среды Владимирской области ..., 2005.

Как следует из таблицы, Владимирская область находится в «техногенном» окружении соседей. Все они выбрасывают загрязнения в воздух в количествах, превышающих выбросы по Владимирской области (за исключением Ивановской области). При любом направлении ветра над Владимирским регионом часть загрязнений во Владимирскую область поступает непосредственно от регионов и выпадает на ландшафты.

Выводы. Значительная часть техногенных веществ, поставляемых в воздух промышленными предприятиями и городами, вовлекается ветрами в тропосферу и мигрирует с воздушными потоками на большие расстояния, выпадает на ландшафты и поверхностные водоемы.

Контрольные вопросы

1. Какие вредные вещества выделяются в атмосферу в вашем регионе?
2. Какие техногенные вещества характерны для природных катаклизмов и для антропогенной деятельности?
3. Назовите регионы с большим количеством стихийных бедствий в XX – XXI веке.
4. Какие механизмы переноса техногенных веществ распространены на территории вашего региона?
5. Какова роль переноса техногенных веществ дефляционными ветрами?

Контрольные задания

1. Составьте перечень видов миграций техногенных веществ в атмосфере, гидросфере, биосфере.
2. Предложите схему контроля разных видов миграции техногенных веществ для вашего региона.

Список основных источников

1. Аллисон А., Пальмир Д. Геология. М. : Мир, 1984. 586 с.
2. Гендуков В. М., Глазунов Г. П. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха. М. : Физматлит, 2007. 240 с.
3. Жуковский Н. Е. О снежных заносах и заиливании рек // М. : Н.К.З. Опытнo-мелиоративная часть. Вып. 30. 1923. С. 13 – 29.
4. Осипов В. И. Оценка и управление рисками // Шестая Всерос. науч.-практ. конф. «Управление рисками чрезвычайных ситуаций». 20 – 21 марта 2001. М. : КРУК, 2001. С. 34 – 44.

Глава 5. ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ, ПОЧВЫ И МАССИВЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРКАСЕ ТЕРРИТОРИЙ

Как следует из заглавия – проблема техногенных грунтов, почв и массивов неразрывно связана с хозяйственной деятельностью общества. Иными словами, эта проблема возникла вследствие антропогенной деятельности современного развитого общества. Особенно остро она стала проявляться в наши дни в эпоху научно-технического прогресса из-за увеличивающегося количества городов, демографического «взрыва» и огромной массы изъятых у природы ресурсов. Антропогенное изъятие у природы сырья (по разным литературным источникам) превысило 4 трлн т. Так, например, минерального сырья стали добывать свыше 100 млрд т в год, ископаемого топлива – более 10 млрд т, сухой биомассы – около 10 млрд т. Питательной воды, не считая технической, используется свыше 3,6 млрд т в год, кислорода – 1,1 млрд т. Известно, что всё добываемое перерабатывается и в конечном счете возвращается в природу в измененном состоянии: отходы промышленные и бытовые (твердые, газообразные и жидкие). К примеру, в атмосферу возвращается до 1,5 млрд т выдыхаемой людьми углекислоты и паров воды. Твердых отходов у добывающих отраслей образуется около 100 млрд т, из которых 85 млрд т представляют техногенные грунты с достаточно большим содержанием первичного металла (от 0,5 до 10 %). Значительная часть техногенных веществ складывается вокруг горнодобывающих предприятий и металлургических заводов, занимая внушительные площади земной поверхности. Расчеты показывают, что накопленные обществом в результате хозяйственной деятельности только за последние 150 – 170 лет техногенные образования стали составной частью «техносферы», которая характеризуется размерами и пространственным положением в экологическом каркасе территорий. Происходит ежегодное пополнение сформированной техносферы загрязнениями на локальном, региональном и даже глобальном уровнях. Эти загрязнения в большинстве своем ассимилируются природой, вступают в естественный массообмен, перерабатываются в биосфере растительностью, организмами, почвой. Не воспринимаются биосферой поллютанты – химические вещества, чуждые природе. Это, прежде всего, органические химические соединения, взрывчатые вещества, пленка полиэтиленовая, поролон, пластмасса, диоксины и пр. Многие вещества техносферы требуют значительного времени на переработку и восприятие их природой. Так,

здания и сооружения, выполненные из обожженного кирпича и железобетонных конструкций, после своего разрушения могут не вступать в естественный массообмен с природой продолжительное время (от года до сотен лет, возможно, и больше). Например, широко известны археологические находки керамики из глины, датируемые 8 – 10 тысячелетием и не изменившие своей структуры и химического состава. Другой пример замедленного массообмена – это отвалы горной породы на месторождениях. Особенно долго «перерабатываются» природой материалы металлургического передела (шлак, хвосты) и горно-обогачительных фабрик (отвалы). Они обычно преобладают вокруг месторождений, горно-обогачительных фабрик и металлургических заводов – целые полигоны (грунты) и массивы. По данным геохимиков, подобные грунты и массивы сохраняют в себе минеральную составляющую в количествах, являющихся предметом вторичного использования. *Появляются две проблемы: первая – разработка отвалов с целью добычи металла (при наличии новой технологии), вторая – загрязнение компонентов природы.* По геохимическому спектру и количеству металлов отвалы значительно отличаются от окружающих их почв природных ландшафтов и служат источниками техногенного загрязнения ОС. Окружающей природной среде наносится невосполнимый ущерб: в первую очередь происходит нарушение экологии ландшафта, изымается один или несколько компонентов природы, убираются лес, кустарники, травяной покров, снимается почвенный слой, вскрываются водоносные пласты. Наступает замещение природных ландшафтов техногенными и антропогенными (рис. 5.1).

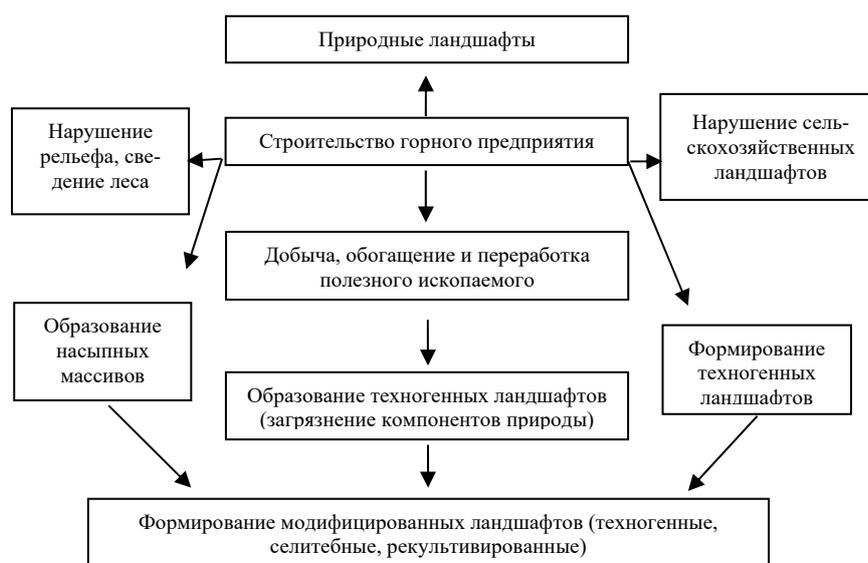


Рис. 5.1. Замещение природных ландшафтов техногенными после строительства горного предприятия

5.1. Техногенные грунты и массивы

Согласно обобщенным представлениям исследователей, под **техногенным массивом** понимается геологическая структура, сложенная породой (породами) или наносами антропогенного генезиса, отличающаяся по своему составу (химическому, гранулометрическому, бактериологическому) и свойствам (физико-механическим, фильтрационным, сорбционным и пр.) от фоновых пород, их вмещающих, форма и размеры которых определяются преимущественно технологическими процессами. Технологические процессы формирования техногенных массивов принято подразделять на три разновидности: насыпные, намывные и техногенные наносы [2] (рис. 5.2).



Рис. 5.2 Классификация техногенных массивов

Насыпные техногенные массивы. Эту группу массивов представляют хранилища перемещенной горной массы (отвалы, насыпи, дамбы), а также свалки. Техногенные массивы формируются в основном предприятиями горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности и занимают внушительные пространства. По данным Росстата, в 2000 году площадь нарушенных горными работами земель на территории России составила 1282,6 тыс. га, а если к этому прибавить сложившуюся тенденцию увеличения вдвое каждые 12 – 15 лет мощностей средств воздействия на окружающую природную среду, то становится очевидным рост деградации природных земель и увеличивающиеся объемы накопления техногенного материала.

Известно, что горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия России «выбрасывают» в отвалы до 80 % от объема всех отходов народного хозяйства. Почти аналогичная картина с отходами

горнодобывающих и горноперерабатывающих производств за пределами России. Там в отходы поступает 65 – 70 % исходного материала. Это очень высокое значение. В глобальном плане на долю перемещенной горной массы приходится свыше 100 млрд т/год. В ее составе выделяют литогенный и техногенный материалы (горные отвалы), золы, шлаки и шламы (хвосты) от горно-обогатительных фабрик и металлургических предприятий, которые формируются в техногенные массивы. Такие техногенные массивы занимают природные ландшафты, загрязняют поверхность земли, водоемы и подземные воды.

Намывные массивы. Они представляют собой геологические тела искусственного происхождения (гидравлически намываемые образования минеральных и бытовых отходов). Обычно они создаются в местах добычи или обогащения полезных ископаемых гидравлическим способом. Мощность намывных массивов в зонах отвалов и хвостохранилищ достигает 50 – 100 м, и по размерам они занимают значительные площади. Также большие территории приходятся на скопления бытовых отходов. Оставаясь открытыми с поверхности, намывные массивы и скопления бытовых отходов являются источниками загрязнения ОС. Известно, что тонкодисперсная пыль с поверхности намывных массивов (золоотвалы, хвостохранилища, шлаконакопители) выносится ветром за пределы массивов и за счет турбулентного завихрения ветра поднимается вверх и переносится на значительные расстояния. Кстати, подобный механизм распространения загрязнений характерен и для накоплений бытовых отходов. Находясь на поверхности, они разрушаются на мелкие части вплоть до пыли. Их органическая составляющая хорошо горит (также сгорает полиэтиленовая пленка, содержащаяся в мусоре, с выделением поллютанта – диоксина). Материал отходов в гипергенных условиях разрушается, окисляется, вступает в реакцию с водой, воздухом и мигрирует на большие расстояния, загрязняя воздух, почвы и воды.

Техногенные наносы. Этот термин имеет несколько значений: техногенные отложения, техногенные наносы, донные отложения, техногенные накопления, техногенные загрязнения и др. Для всех перечисленных определений в морфоструктурном плане характерна незначительная мощность образования и широкая площадь распростра-

нения. Например, донные отложения (речные, озерные, морские), связанные с источниками поступления загрязнений (промышленные предприятия – сточные воды, коммунальные отходы городов и пр.), по мощности накоплений редко превышают первые сантиметры (могут встречаться и метровые толщи накоплений при впадении рек в озеро, море). Значительными площадями техногенных наносов характеризуются окрестности промышленных центров и городов. Например, сажа и выбросы в атмосферу от промышленных предприятий г. Москвы переносятся ветром в восточном направлении (по розе ветров), через двое суток достигают г. Владимира и выпадают в виде сухих и мокрых аэрозолей на почвы.

Техногенные наносы, как следует из представленного материала, обязаны своим происхождением хозяйственной деятельности общества. По способу формирования их можно подразделить на атмосферные выпадения техногенных веществ и донные отложения. Некоторые исследователи к техногенным наносам относят и искусственные почвы, созданные в процессе рекультивации, а также насыпные почвы в городах с селитебной и промышленной застройкой.

Насыпные техногенные массивы могут быть разными по технологии образования и влиянию на ОС. Так, отвалы горных пород разного минерального состава, поднятые с глубины на земную поверхность, т. е. в гипергенные условия, раньше находились в других обстановках, чаще – в кислотно-щелочной и окислительно-восстановительной, а для зоны гипергенеза характерно преобладание процесса окисления и выщелачивания химических элементов и формирование аномально валовых форм, значительно отличающихся от фоновых содержаний вредных веществ. Насыпные массивы вызывают нарушение водного баланса в локальном, а иногда и в региональном плане. Сами насыпи, терриконы, свалки подвергаются процессам ветровой и водной эрозии. Происходит выдувание, размыв и перенос материала насыпи. В них наблюдается проявление оползней, обвалов, формирование промоин и пр. Главная причина этих проявлений – разница в плотности, пористости и составе насыпного материала и основания, на котором они залегают.

В России, как и во многих других странах, проблемой являются свалки промышленных и бытовых отходов. Самый простой способ

захоронения промышленных и бытовых отходов – это складирование их в отработанных карьерах. Но это временное решение проблемы, так как происходит загрязнение ОС, пластовых вод, и здоровью людей наносится ущерб. Со временем такие захоронения придется запечатывать (изолировать) от компонентов природы. Лидерами по свалкам бытовых и производственных отходов выступают Москва и Санкт-Петербург. Они ежегодно вывозят на свалки по 5 и более млн т отходов (в 2008 – 5,6 млн т). В той же Московской области зарегистрировано 140 свалок площадью до 10 га, а в отдельных случаях – до 50 га. Проблема бытовых и промышленных отходов решается в каждом регионе по-разному, исходя из возможностей.

Крупными площадями загрязнений техногенного генезиса характеризуются почвы городских агломераций. Например, г. Москва и города областного подчинения Московской области занимают 25 % всей территории области. Индекс суммарного загрязнения в окрестностях г. Москвы составлял в 2002 году свыше 37 единиц. Аналогично и по г. Санкт-Петербургу: площадь загрязнений техногенным веществом – свыше 10 тыс. км². Средний индекс суммарного загрязнения составил здесь около 96 единиц. Классическим примером площадного загрязнения является техногенный массив в Приморском крае (Рудная пристань), где на площади более 75 км² зарегистрировано загрязнение свинцом свыше 300 ПДК [2]. Такое же крупное по площади техногенное загрязнение в окрестностях г. Заполярный, пос. Никель в Мурманской области, ареал загрязнения тяжелыми металлами составил в радиусе около 25 км.

Насыпные массивы имеют аналог – насыпные грунты. По сути, это одно и то же, только они различаются по размерам. Насыпные массивы более мощные из-за величины насыпанной породы или промышленных и бытовых отходов. Объемы насыпных массивов зависят от видов минерального сырья, вовлеченного в добычу и переработку, и от размеров промышленного производства и хозяйственно-бытового объекта. К примеру, бытовые отходы городов и промышленных центров стали выступать лидерами в поставке отходов, обогнав металлургическую промышленность, ранее (до 2000) поставляющую в ОС самое большое количество отходов. В настоящее время на твердые бытовые и

промышленные отходы городов приходится около 1 млрд м³ [3]. По общей оценке М. А. Пашкевич, мировой объем насыпных грунтов горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей промышленности в 2000 году составил около 2000 млрд м³. Сюда входят литогенный материал: скальные породы, галечник, песок, глина, известняк, мел; хвосты флотационного обогащения руд черных и цветных металлов; серная руда, апатит-нефелиновый концентрат, отходы углеобогащения, галитовые флотационные отходы, отсев фосфорита, фосфорная рудная мелочь и т. д. Каждая отрасль промышленности характеризуется своими величинами отходов. К примеру, в черной металлургии при выплавке 1 т чугуна образуется около 1,2 т отходов обогащения и 0,9 т золы.

По приблизительным подсчетам [3], общая площадь земель России, нарушенных горными работами, оценивается следующим образом, тыс. га:

Добыча угля и сланцев	более 190
Добыча руд черных и цветных металлов	около 350
Разработка строительных горных пород и горно-химического сырья	более 290

Намывные массивы (намывные грунты) образуются в ходе инженерной деятельности при складировании отходов гидравлическим способом. Источниками намывных массивов выступают в основном горнодобывающая и горноперерабатывающая отрасли промышленности, а также ТЭК, инженерное строительство и коммунально-бытовое хозяйство. В результате их деятельности образуются следующие виды намывных массивов: гидроотвалы при вскрышных работах, хвостохранилища для отходов обогащения твердых полезных ископаемых; золоотвалы, аккумулирующие золошлаки от ТЭЦ и котельных; шламонакопители и места складирования отходов коммунального хозяйства. Намывные массивы горнодобывающей и горноперерабатывающей отраслей промышленности в конце XX века измерялись масштабами свыше 800 млн м³ в год [3]. Представляет практический интерес содержание рудных минералов в хвостах обогатительных фабрик (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Содержание рудных минералов в хвостах обогатительных фабрик

Предприятие, обогажительная фабрика	Перерабатываемая руда	Рудные минералы (содержание в хвостах, %)
ГМК «Печенганикель» ОФ № 1	Сульфидная	Антигорит (60), магнетит (20), ильменит (2);
ОФ № 2	Медно-никелевая	Магнетит (3), халькопирит (2)
Тырныаузский ГМК	Вольфрамо-молибденовая	Пирит (3 – 5), вольфрам (2), молибден (30)
Садонский свинцово-цинковый комбинат: Мизурская ОФ	Свинцово-цинковая	Пирит (3), магнетит (3), галенит (4)
Фиагдонская ОФ	Свинцово-цинковая	Серицит (60), пирит (10), сфалерит (3), магнетит (3)
Урупский ГОК		Пирит (930), серицит (15), халькозин (2)
Солнечный ГОК		Касситерий (16), вольфрамит (0,02), сфалерит (0,49), халькопирит (0,47), галенит (0,39), пирит (1,5), пирротин (1,44), арсенопирит (0,55), лимонит (2,91)
Ковдорский ГОК		Магнетит (12)
Северный ГОК		Гематит (10)

Таблица построена по данным М. А. Пашкевич [3] с сокращением.

Как следует из таблицы, рудные минералы присутствуют в хвостах почти всех обогатительных фабрик на цветные и черные металлы от долей процента до 20 % объема хвостов, иногда этот процент бывает и выше.

О загрязнении ОС от намывных массивов свидетельствуют параметры хвостохранилищ предприятий черной металлургии. Например, шесть горно-обогажительных комбинатов занимают площадь в 76 км², на которой располагаются хвостохранилища объемом в 1699 млн м³; при этом общая масса хвостов в накопителях составляет более 897 379 тыс. т, а масса складированных в них хвостов – 84 419 тыс. т, или десятая часть от массы всех хвостов в накопителях. Вся масса

отвальных хвостов обогатительных фабрик руд черной и цветной металлургии разнообразна по химическому составу и степени измельчения исходного материала. По данным наблюдений десяти обогатительных фабрик цветной металлургии Российской Федерации [3], по крупности все хвосты пылеватые, т. е. содержание класса фракций 0,074 мм в них варьируется от 46 до 80 % при абсолютном преобладании 73 – 80 %. Это весьма показательное свойство отвальных хвостов. В сухую погоду (летом) пыль вовлекается в приземные средние и высокие слои ветра, а при наличии вихревых потоков переносится ветром на значительные расстояния.

Почвы агроландшафтов и грунты в городах. Почвы агроландшафтов относятся к техногенным по причине ежегодного их перепахивания и мелиорирования. Располагаясь внутри промышленных и селитебных зон, грунты в городах потеряли природное плодородие. Обычно это привозная глина, перемешанная со строительным мусором. В значительной мере городские почвы испытывают огромную нагрузку со стороны большого количества людей и транспорта. Бывшие природные ландшафты в городах оказались заняты предприятиями, жилыми домами, и поэтому представляют природно-антропогенный комплекс. Этот комплекс стал занимать около 1/6 площади суши. В отдельных регионах свыше 10 % территории приходится на здания и сооружения. Например, в Московской области более 25 % занято городами, поселками, инженерными коммуникациями [1].

5.2. Техногенные почвы

Авторы предлагают приблизительное соотношение площадей, занятых почвами, в разной степени измененных человеком: антропогенные – 3 %, природные – 15 %, без видимых антропогенных трансформаций – 30 %, антропогенно-измененных – 52 %. Подсчет показывает, что генетический ряд почв с разной трансформацией склоняется в пользу антропогенных и антропогенно-измененных (55 %). В данном случае речь идет о почвах с трансформированными горизонтами и меньше – с химическими загрязнениями. Учет почв с химическим (техногенным) загрязнением показывает абсолютное преобладание их в структуре земельного фонда Мира. Техногенное загрязнение

испытывают почвы агроландшафтов, лесов, городов, горнодобывающих предприятий и др.

Техногенное загрязнение почв происходит в значительной мере от выпадений из атмосферного воздуха в виде сухих и мокрых аэрозолей, приносимых в основном местными и региональными ветровыми массами [1]. Наряду с техногенными загрязнениями природные почвы испытывают воздействие со стороны предприятий и городов вплоть до их полной трансформации (воздействие техносферы). Причем природные почвы, занимаемые предприятиями и городами, каждый год увеличиваются в масштабе по причине роста населения и, следовательно, городов. Например, в середине 50-х годов в городах проживало 29 % населения, а в 2005 году, по данным ООН, в городах проживает около 80 % всего населения. Наряду с городами больше всего трансформируют почвы горнодобывающие предприятия. По данным статистики Российской Федерации, в 2002 году при добыче полезных ископаемых было нарушено 54,7 % от общей площади всех нарушенных почв в стране; на торфоразработках (22,1 %) почвенный слой вообще был снят, аналогично и в строительстве (12 %): почвенный слой ликвидируется и заменяется строительным мусором и привозной глиной. К этому следует добавить площади территорий, занятых дорогами (автомобильные, железнодорожные), ЛЭП и инженерными сооружениями. Вместе с городами они составляют около 1 % всей площади страны.

Исследователи (почвоведы) предлагают ввести понятие устойчивости почв, т. е. способности противостоять воздействиям и в течение жизни человека прийти в исходное состояние. Применение такого понятия ко всем почвам нецелесообразно по следующим причинам. О какой способности почв противостоять человеку может идти речь в случае добычи полезных ископаемых карьерным способом? Почву при такой технологии производства ликвидируют как природный компонент. В лучшем случае ее снимают и складывают для последующей рекультивации. В данном случае можно рассматривать вопрос о способности отвалов создать новый почвенный профиль со специфическим биогеохимическим наполнением, отражающим химическое содержание основания почвенного горизонта. Другое дело – восстановление утраченных свойств

плодородия почв под воздействием техногенеза (загрязнение химическими элементами) или чрезмерная их эксплуатация без соблюдения техники мелиорации (Г. В. Добровольский, В. О. Таргульян, М. А. Глазовская). В таком случае почвы могут восстановить свои первоначальные свойства, снизить степень техногенного воздействия металлов в силу естественного процесса – массообмена вещества и энергии между почвой и биосферой. В районах с фоновым содержанием металлов в почвах обычно отмечается слабое техногенное воздействие от источников техногенеза, приносимое ветром. В таких случаях содержание микроэлементов в атмосферном воздухе, почве, растениях незначительное. И наоборот, высокое содержание техногенного металла в аэрозолях (от предприятий горнодобывающей промышленности, заводов и пр.) сказывается на почвах, растениях, поверхностных и подземных водах проявлением геохимических, техногенных аномалий [1]. В зонах влияния техногенных массивов концентрации тяжелых металлов (микроэлементов) в компонентах природы, в частности в почве, значительны, что способствует деградации, угнетенному развитию растительности, в ряде случаев – ее гибели. Особенно сильное влияние (воздействие) почвы и растительность испытывают в районах месторождений полезных ископаемых со стороны самих месторождений за счет естественного массообмена между почвой, растениями и химическими элементами полезных ископаемых. Как правило, над месторождением формируются биохимические поля, соответствующие районам и узлам месторождений полезных ископаемых. Наряду с влиянием на почвы и растения непосредственно месторождений, зон и узлов полезных ископаемых на них оказывается воздействие со стороны техносферы, сформированной людьми. Под техносферой понимается весь литогенный материал, поднятый из недр при добыче полезных ископаемых: отвалы ГОК, хвосты от обогащения, шламы, шлаки, огарки металлургического и доменного процесса, а также выбросы в атмосферу от предприятий, сточные воды, работа транспорта и другие сопутствующие производству отходы. Техногенные вещества техносферы формируют вторичные биохимические поля в почвах. Исследования по-

казали, что почвы на каждом месторождении полезных ископаемых, на которых осуществляется их добыча, формируют вторичные биохимические поля, соответствующие местам складирования отвалов, хвостов, шламов и прочих материалов, связанных с добычей и переработкой полезного ископаемого [1].

В качестве примера, свидетельствующего о влиянии техносферы на почвы, растения, ОС, рассмотрим Средний Урал (региональный уровень). Весь Средний Урал с его многочисленными и разнообразными месторождениями, городами, предприятиями, техногенными массивами и отходами представляет единый (региональный) источник техногенных веществ (рис. 5.3 и 5.4). Построено по данным биогеохимической съемки, проведенной Е. Е. Ермаковым.

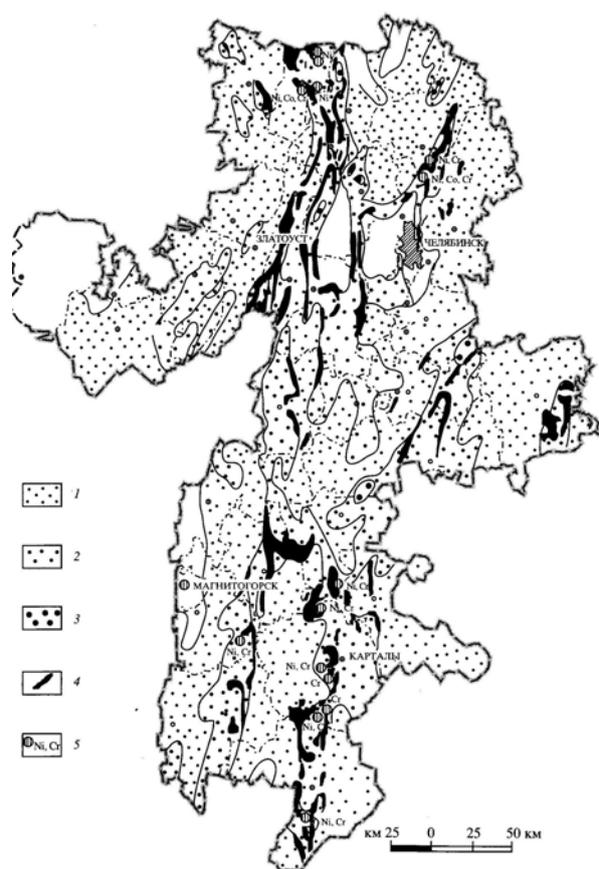


Рис. 5.3. Природное загрязнение почво-грунтов Челябинской области никелем, кобальтом, хромом

На рис. 5.3: 1 – 3 – площади регионального или часто встречающегося локального загрязнения (в мг/кг) почво-грунтов никелем (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); кобальтом (1 – более 30, 2 – более 70, 3 – более 150); хромом (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); (здесь и на рис. 5.4 окружены в аномальном поле преобладающие элементы); 4 – основные массивы ультраосновных пород с очень высоким содержанием в почво-грунтах никеля, кобальта и хрома. Содержания валовые по данным спектральных анализов: 5 – основные месторождения руд никеля, кобальта и хрома.

На рис. 5.4: 1 – 3 – площади регионального или часто встречающегося локального загрязнения (в мг/кг) почво-грунтов медью (1 – более 200, 2 – более 500, 3 – более 1500); цинком (1 – более 100, 2 – более 300, 3 – более 1000); свинцом (1 – более 70, 2 – более 200, 3 – более 500); 4 – изолинии, разграничивающие территории с разным региональным или часто встречающимся локальным загрязнением (в мг/кг) почво-грунтов мышьяком (1 – 50, 2 – 100, 3 – 200); 5 – основные месторождения руд меди, цинка, свинца.

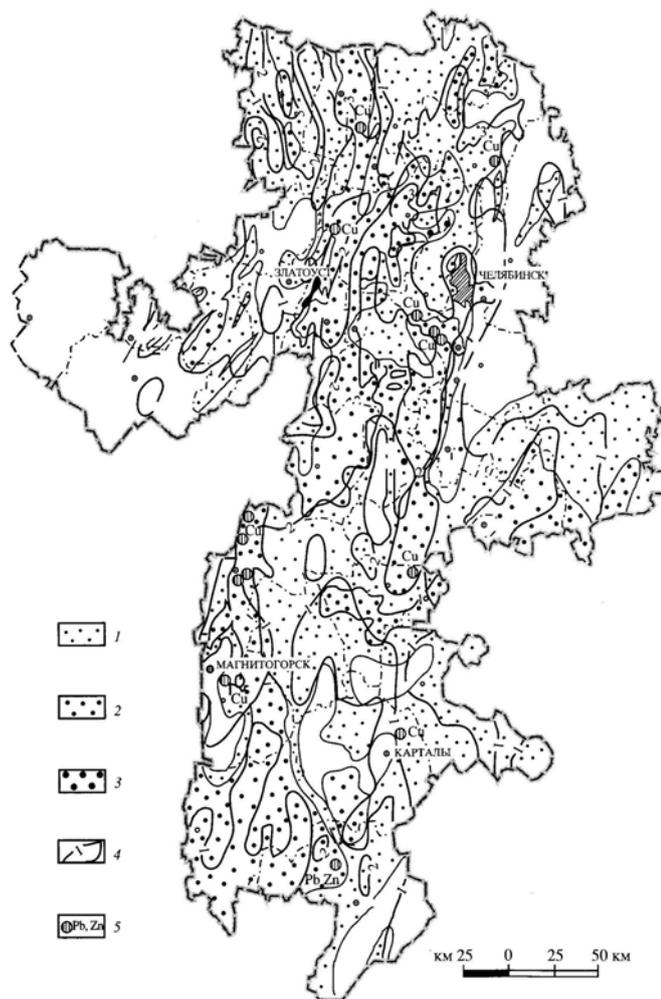


Рис. 5.4. Природное загрязнение почво-грунтов Челябинской области медью, цинком, свинцом и мышьяком

Урал впечатляет выходом на поверхность рудных полезных ископаемых и промышленным потенциалом городов. Поэтому здесь объяснимы техногенные аномалии в почве. Обратимся к региону, где нет выходов на поверхность рудных месторождений и нет крупного промышленного потенциала, подобного Уралу, а геохимические аномалии в почве присутствуют.

Источником элементов для почв являются геохимические аномалии в глинах или почвах. Они носят точечный характер и площадной (рис. 5.5).

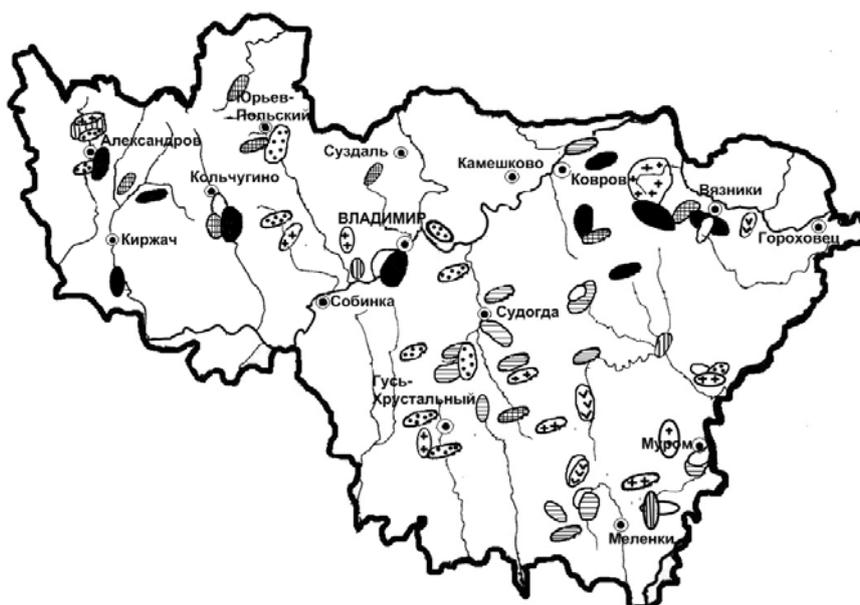


Рис. 5.5. Картограмма площадных аномалий тяжелых металлов в почвах Владимирского региона [1]

Условные обозначения:		1
Площадные аномалии:		2
1 – меди; 2 – свинца;		3
3 – кобальта; 4 – никеля;		4
5 – марганца; 6 – хрома;		5
7 – цинка; 8 – ртути		6
		7
		8

Эти аномалии тяжелых металлов сформировались в донных отложениях или в почвах и сами являются источником загрязнения почв элементами. Определение природы большинства площадных и точечных аномалий проблематично, так как не исключается и техногенный их источник. По всей области распространены точечные и площадные аномалии, связь которых с загрязнением почв тяжелыми металлами предстоит изучить.

Контрольные вопросы

1. Назовите разновидности техногенных грунтов и массивов.
2. Назовите источники тяжелых металлов в почвах.
3. Что такое донные техногенные отложения?

4. Перечислите источники загрязнения поверхностных вод.
5. Какую роль играют города в загрязнении ландшафтов?

Контрольные задания

1. Предложите мероприятия по выходу из экологического кризиса на региональном уровне.
2. Составьте схему расположения антропогенных источников загрязнения для своего региона.

Список основных источников

1. Карлович И. А. Металлы в окружающей среде. Владимир : ВГГУ, 2009. 420 с.
2. О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 2006 г. Государственный доклад / Министерство природных ресурсов РФ. М., 2007.
3. Пашкевич М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду. СПб. : С.-Петербург. гор. ин-т, 2000. 230 с.

Глава 6. О ПРОБЛЕМЕ МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

Проблема миграции радионуклидов техногенного происхождения представляет значительный практический интерес. Растения выполняют связующую роль между почвой и атмосферой в естественном массообмене веществ, в том числе и радионуклидов.

6.1. Миграция радионуклидов в реках и морях

Транспортирующая роль водных потоков давно известна. Например, доказано, что воды Дуная переносят в Черное море до 60 % техногенных радионуклидов из атмосферных выпадений, в том числе чернобыльского типа, с территории, равной половине Западной Европы. Значительная часть радионуклидов осела в водохранилищах Днепровского каскада (рис. 6.1) [3].

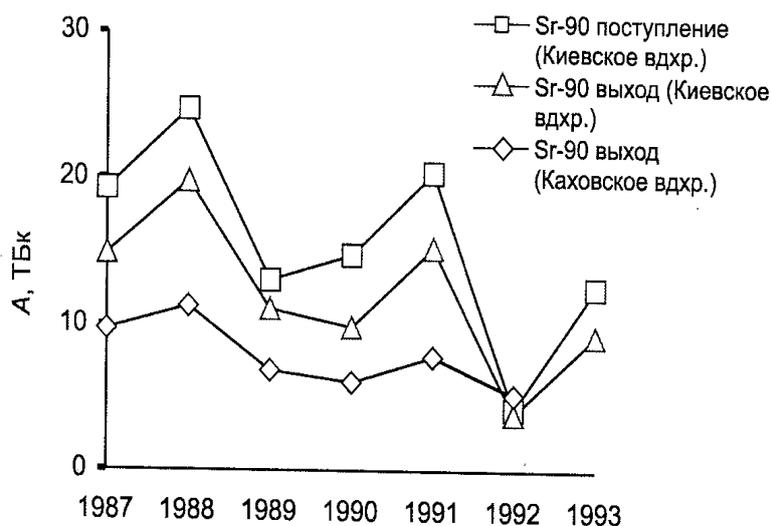


Рис. 6.1. Прохождение ^{90}Sr через Днепровский каскад

Эти данные подтверждают выводы о транспортирующей роли водных потоков, а каскад плотин способствует оседанию радионуклидов в донных осадках водохранилищ. Оказалось, что реки сносили радионуклиды в море и откладывали их основную массу в прибрежных частях (радиоактивность ^{90}Sr и ^{137}Cs достигает 20 Бк/м³), а меньшую часть — в открытом океане (радиоактивность ^{90}Sr и ^{137}Cs не

превышает 2 Бк/м³). Не менее интересны данные по вертикальному распределению техногенных радионуклидов в донных осадках. Так, по вертикальному срезу донных осадков Черного моря видно, что основная часть техногенных радионуклидов ¹³⁷Cs концентрируется в верхнем горизонте (рис. 6.2).

Загрязнение цезием-137 вод Карского моря обусловлено, наряду с глобальными выпадениями из атмосферы, привнесением радионуклидов сибирскими реками Обью и Енисеем, в верховьях которых расположены крупные радиохимические производства (ПО «Маяк» в г. Озерске, СХК в г. Северске, Красноярский ГХК в г. Железногорске) [3].

Местоположение источников техногенных радионуклидов находится на значительном удалении от места впадения рек Енисея и Оби в Карское море, что сказывается на захоронении основной части радионуклидов в донных осадках долин этих рек. Значительная часть техногенных радионуклидов выпадает в осадок на удалении от источников в 15, 250, 850, 1360 км [3].

Повышенная концентрация техногенного цезия-137 в донных осадках Карского моря (шельф) объяснима привнесением их водами моря и реки Енисей почти сразу после аварии (Кыштым, 1967).

На миграционный процесс радионуклидов в морях в определенной мере влияют донные и поверхностные течения. До Норвегии радионуклиды Чернобыльского типа переносились течением за 15 – 17 месяцев, а время переноса радионуклидов до Баренцева моря составило примерно два года, а на глубине 150 м – три года [2].

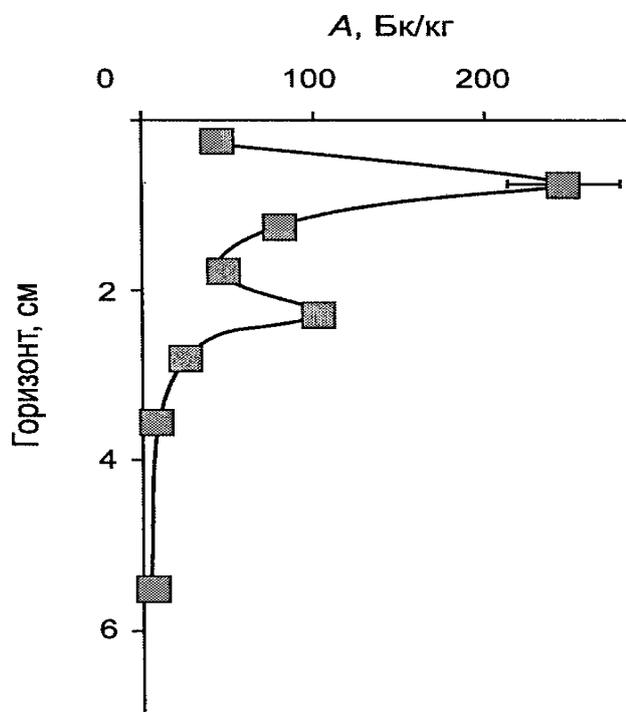


Рис. 6.2. Вертикальное распределение ¹³⁷Cs в донных осадках Черного моря – восточный сектор [3]

6.2. Миграция радионуклидов на барьере моря – донные осадки (на примере Азовского моря)

Соленость моря составляет 12 – 14 ‰, в Сиваше соленость поднимается до 160 ‰. Соленость воды, водообменный режим с Черным морем, сток рек Дон и Кубань и другие факторы определяют накопление и миграцию чернобыльских радионуклидов (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Схема движения водных потоков и поступление Чернобыльских ¹³⁷Cs в воды Азовского моря (в знаменателе – концентрация ¹³⁷Cs в воде в 2003 году; построено по данным С. В. Бердникова и Г. Г. Матишова с соавторами)

Миграционные потоки техногенных радионуклидов ¹³⁷Cs на примере Азовского моря обеспечивались разными источниками поступления: речной сток (реки Дон и Кубань), атмосферные выпадения и приход из Черного моря (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Источники, объемы поступлений ¹³⁷Cs в Азовское море

Источник поступления	Период, годы					
	1986 – 2003	1986 – 1987	2000 – 2003	1986 – 2003	1986 – 1987	2000 – 2003
	10 ¹² Бк			%		
С речным стоком	4,7	1,8	0,09	3,4	1,9	2,4
Из атмосферы	100,6	85,8	0,54	73,1	86,7	14,9
Из Черного моря	32,3	11,3	3,02	23,5	11,4	82,7
Всего приход	137,6	99,0	3,65	100,0	100,0	100,0

Как видно из таблицы, основной поток загрязнений в Азовское море пришелся на два года (1986 и 1987) после аварии на Чернобыльской АЭС (свыше 87 % от общего потока ^{137}Cs в акватории моря). Из атмосферы выпало более 1500 Бк/м² загрязнений. Вторым по величине явился поток радионуклидов, принесенных из Черного моря (11,4 %), который также оказался следствием чернобыльской аварии (1986). Речной сток обеспечил около 2 % техногенных радионуклидов.

Схема обменных процессов динамики радионуклидов в Азовском море на барьеры: морская вода (массоперенос воды в Азовское море из Черного моря и в обратном направлении – из Азовского моря в Черное); пресная вода (речной сток рек Дон и Кубань); морское дно Азовского моря (выпадение радионуклидов в осадок и, наоборот, взмучивание и уход радионуклидов из осадка в морскую воду) (рис. 6.4).

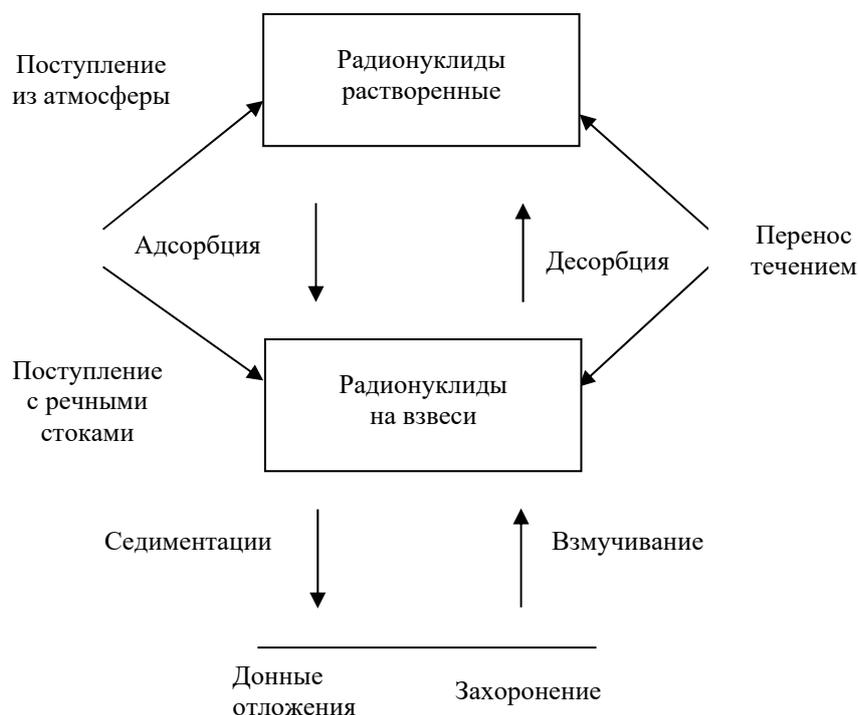


Рис. 6.4. Схема обменных процессов динамики радионуклидов по Г. Г. Матишову (с добавлениями)

6.3. Миграция радионуклидов в системе почва – растения

Растения выступают посредником между глобальными выпадениями радионуклидов из атмосферы и почвой. Значительная часть публикаций свидетельствует о перехвате растениями техногенных радионуклидов в непосредственной близости от источника. Так, например, в ближней зоне (до 30 км) от чернобыльской аварии растениями было перехвачено (в основном кроной лесов) до 80 % первичных радиоактивных веществ, и только 20 % сразу выпало на почвы. А в удаленной от источника радионуклидов зоне (250 – 500 км) кронами растений было перехвачено 60 %, и 40 % выпало на почвы (табл. 6.2). Со временем то, что было перехвачено кронами растений, мигрировало по стволам или через лиственной опад и попало в лесную подстилку, а это, как известно, является основным почвенным горизонтом лесных экосистем, в котором продолжительное время удерживается до 90 % выпавших радионуклидов.

Таблица 6.2

Первичное распределение радиоактивных веществ и радионуклидный состав выпадений в лесных экосистемах после аварии на ЧАЭС

Расстояние, км	Элементы, %					
	$^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$	$^{141}\text{Ce} + ^{144}\text{Ce}$	$^{103}\text{Ru} + ^{106}\text{Ru}$	$^{90}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$	Pu	^{90}Sr
5 – 30	6	28	23	41	0,1	1,9
250 – 500	59	–	40	–	–	1,0

Через 4 – 5 лет бóльшая часть радионуклидов из лесной подстилки мигрирует в ферментативный и гумифицированный слой (рис. 6.5 – 6.6). Перераспределение радионуклидов в этих слоях происходит сравнительно быстро, и на 6 – 7-й год главная масса радионуклидов (до 60 %) скапливается в гумифицированном слое, а лесная подстилка через некоторое время (от 2 до 5 лет) почти полностью (на 99 %) отдает выпавшие радионуклиды в ферментативный и гумифицированный слой и далее – в минеральную составляющую почв [1].

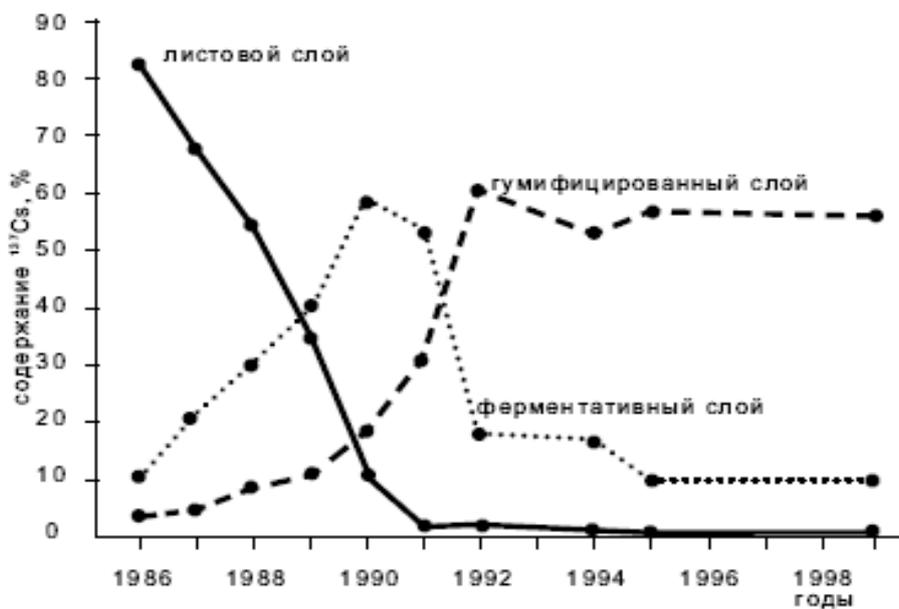


Рис. 6.5. Многолетняя динамика относительного содержания ^{137}Cs в различных слоях лесной подстилки

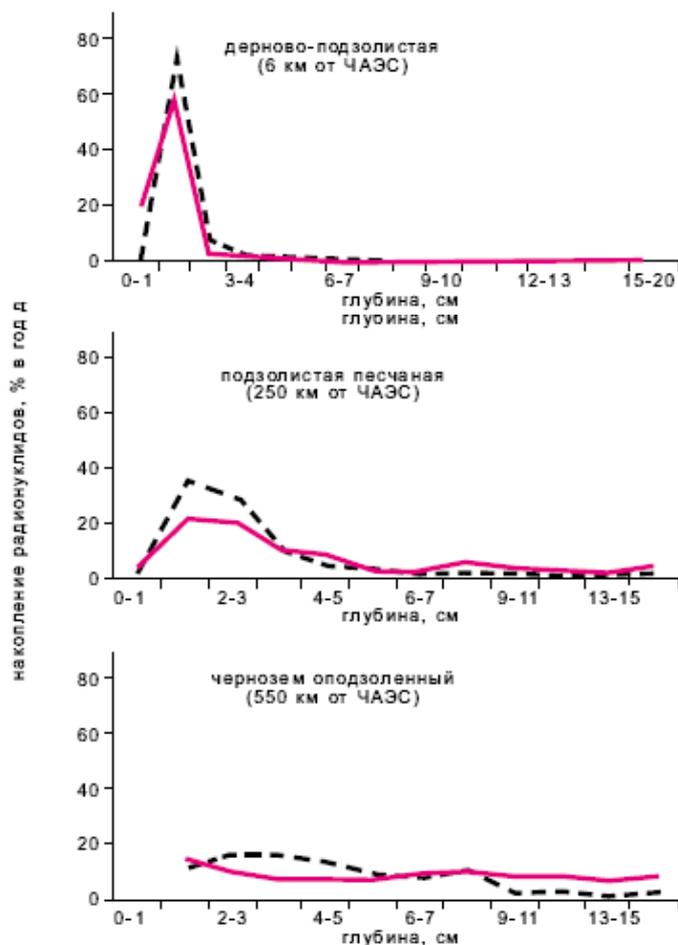


Рис. 6.6. Распределение ^{90}Sr (пунктир) и ^{137}Cs (сплошная линия) в профиле лесных почв разных типов в зависимости от удаления от ЧАЭС

В табл. 6.3, построенной по данным статьи Д. А. Криволуцкого, Е. Ю. Успенской, А. В. Панфилова [1], видно разное в количественном отношении содержание радионуклидов в зависимости от вида леса, расстояния от источника радионуклидов и глубины почвенного профиля.

Таблица 6.3

Миграция радионуклидов в почвах с нисходящим потоком влаги

Вид леса	Слой, см	Радионуклиды, отн. ед.				
		^{144}Ce	^{134}Cs	^{137}Cs	^{106}Ru	^{90}Sr
Широколиственно-сосновый лес, 28 км от ЧАЭС	0 – 5	–	0,077	0,056	0,364	0,10
	0 – 10	–	0,016	0,024	0,265	0,02
	0 – 20	–	0,054	0,017	–	0,02
Черноольшаник, 28 км от ЧАЭС	0 – 5	–	0,067	0,128	–	0,07
	0 – 10	–	0,067	0,088	–	0,02
	0 – 20	–	0,093	0,112	–	0,01
Сосняк, 10 км от ЧАЭС	0 – 5	0,15	0,1	0,11	0,52	0,92
	0 – 10	0,06	0,05	0,06	0,67	0,57
	0 – 20	0,01	0,01	0,01	0,14	0,17
Широколиственно-сосновый лес, 6 км от ЧАЭС	0 – 5	0,078	0,108	0,115	0,095	0,11
	0 – 10	0,003	0,024	0,025	0,031	0,03
	0 – 20	0,001	0,003	0,003	0,019	0,03
	0 – 30	–	0,002	0,002	0,014	0,02

Основное количество радионуклидов сконцентрировано в первом поверхностном почвенном слое (0 – 5 см), и лишь в черноольшанике загрязнение ^{134}Cs и ^{137}Cs в почвенном профиле значительно растянуто (0 – 20 см), что может свидетельствовать о миграции радионуклидов внутри почвы.

В. А. Борзилов с соавторами приводит сведения о сроках переноса загрязнений на дальние расстояния в мае и июне 1986 года (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Этапы и направления переноса радионуклидов ЧАЭС
в 1986 году

№ п/п	Дата	Направление переноса
1	24.04 до 12 ч	На Белоруссию, Литву, Калининградскую область России, Швецию, Финляндию
2	с 12 ч 26.04 до 12 ч 27.04	На Житомирскую область Украины, в сторону Польши, и далее на юго-запад в Германию, Италию, Югославию
3	с 12 ч 27.04 по 29.04	На Гомельскую область Белоруссии, Брянскую область России и далее на восток
4	29.04 – 30.04	На Сумскую, Полтавскую области Украины и с разворотом в направлении Румынии, Болгарии Балканского полуострова
5	1.05 – 3.05	На юг Украины и далее через Черное море в направлении Турции
6	4.05 – 6.05	На запад Украины, Румынию и далее, с разворотом на Белоруссию и далее в Центральную Европу, Скандинавию

В первые дни мая загрязненное облако покрыло Западную Европу. Отмечались повышенные содержания ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{125}Sb , ^{106}Ru , ^{144}Ce в лишайниках, отобранных в Турции и во Франции, причем в Турции загрязнение было от 3 до 100 раз выше, чем во Франции. Северо-западные ветры распространили загрязнения через Скандинавию и Гренландию на Канаду, Аляску и захватили приграничные с Канадой северо-восточные части Северной Америки [3].

Поступление в окружающую среду чернобыльских радионуклидов от аварии на четвертом блоке ЧАЭС продолжалось 10 суток (с 26.04.1986 года до 06.05.1986 года). Количество основных радионуклидов, выброшенных аварийным реактором, приведено в табл. 6.5 [1].

Таблица 6.5

Состав и активность основных радионуклидов выброса
Чернобыльской АЭС в первые 10 суток после аварии

Радио- нуклид	Активность, Бк	Радио- нуклид	Активность, Бк	Радио- нуклид	Активность, Бк
^3H	$1,7 \cdot 10^{15}$	^{132}Te	$3,8 \cdot 10^{17}$	^{239}Np	$8,1 \cdot 10^{17}$
^{87}Kr	$3,3 \cdot 10^{16}$	^{133}Xe	$1,7 \cdot 10^{18}$	^{238}Pu	$3 \cdot 10^{13}$
^{89}Sr	$1,6 \cdot 10^{17}$	^{134}Cs	$1,9 \cdot 10^6$	^{239}Pu	$3,2 \cdot 10^{13}$
^{90}Sr	$1,1 \cdot 10^{16}$	^{136}Cs	$9,8 \cdot 10^{15}$	^{240}Pu	$6,7 \cdot 10^{13}$
^{95}Sr	$2,2 \cdot 10^{16}$	^{137}Cs	$4,8 \cdot 10^{16}$	^{241}Pu	$7,6 \cdot 10^{15}$
^{99}Mo	$1,1 \cdot 10^{17}$	^{140}Ba	$3,3 \cdot 10^{17}$	^{242}Pu	$8,9 \cdot 10^{10}$
^{103}Ru	$1,7 \cdot 10^{17}$	^{140}La	$3,8 \cdot 10^{17}$	^{241}Am	$5,7 \cdot 10^{12}$
^{106}Ru	$5,9 \cdot 10^{17}$	^{141}Ce	$10,4 \cdot 10^{16}$	^{243}Am	$2,3 \cdot 10^{11}$
^{129}J	$1,9 \cdot 10^{10}$	^{144}Ce	$1,4 \cdot 10^{17}$	^{242}Cm	$1,3 \cdot 10^{15}$
^{131}J	$6 \cdot 10^{17}$	^{237}Np	$8,8 \cdot 10^9$	^{244}Cm	$6,6 \cdot 10^{12}$

Миграция радионуклидов чернобыльского типа в атмосфере определялась господствующим направлением воздушных масс в северном полушарии – течением западных ветров $40^\circ - 50^\circ$ с. ш., покрывших загрязнениями (^{90}Sr и ^{137}Cs) значительную часть Западной Европы.

Таким образом, фактический материал свидетельствует о значительных масштабах загрязнения техногенными радионуклидами Чернобыльского типа, а также о способах его переноса с помощью ветра и рек.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные источники радионуклидов.
2. Назовите пути миграции радионуклидов.
3. В каких донных отложениях накапливается больше всего радионуклидов?
4. Расскажите о миграции радионуклидов на барьере море – берег – дно.
5. Назовите точечные и площадочные источники радионуклидов.

Контрольные задания

1. Предложите методы контроля за радионуклидным загрязнением в регионе.

2. Предложите современные методы наблюдения за изменением состояния здоровья населения Владимирского региона в результате радионуклидного загрязнения.

Список основных источников

1. Криволицкий Д. А., Успенская Е. Ю., Панфилов А. В. Принципы обеспечения радиационно-экологической безопасности // Вестник Моск. ун-та. Сер. 15. География. 2001. № 6. С. 37 – 41.

2. Матишов Г. Г., Буфетова М. В. ^{90}Sr и ^{137}Cs в Азовском море после аварии на Чернобыльской АЭС // Доклад РАН. 2002. Т. 283. № 5. С. 672 – 674.

3. Метеорологические условия дальнего переноса радиоактивных продуктов аварии на Чернобыльской атомной станции / В. А. Борзилов [и др.] // Метеорология и гидрология. 1989. № 11. С. 5 – 11.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определяющая черта естествознания всего XX и начала XXI века – возникновение на базе известных классических наук комплекса новых научных направлений, которые быстро осваивали ниши естествознания, опираясь на устоявшиеся в обществе положения и ценности сохранения окружающей среды и, прежде всего, человека.

Отражением этапа взаимопроникновения естественных наук и научных направлений в исследовании состояния и развития окружающей среды явилось появление новой научной проблемы – техногенеза, который, по мнению его основоположников (В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана), можно рассматривать как составную часть географической оболочки. По их мнению, роль и значение химических веществ (потоков) компонентов географической оболочки, находящихся в большом природном круговороте, являются основополагающими. В то же время в эти потоки (массообмен) включились новые (техногенные) потоки химических веществ от хозяйственной деятельности, которые по масштабу оказались сравнимыми с природными массопотоками. Взаимодействие компонентов окружающей среды – гидросферы, атмосферы, педосферы, литосферы (верхняя часть) и биосферы, включая человека (в том числе его хозяйственную деятельность) – позволяет оценивать учение о техносфере через источники и потоки химических веществ и функциональные зависимости массообмена между компонентами природы.

Методика комплексного исследования объектов антропогенеза совместно с природными массопотоками делает их равнозначными в общем массообмене элементов окружающей среды на региональном уровне.

Объединение усилий географов, геологов и экологов на основе эколого-географической и эколого-геологической характеристик источников и потоков техногенеза позволит подойти вплотную к решению проблемы техногенеза и раскрыть его роль во влиянии на окружающую среду в регионах.

Главную роль среди источников техногенеза, формирующих современный химический облик окружающей среды, играют антропогенные источники. Эти источники поставляют химические элементы в окружающую среду в наиболее крупных объемах.

В учебном пособии изложены главные виды миграции техногенных веществ. В первую очередь это вовлечение в ветровой поток техногенных веществ и перенос их на значительные расстояния с помощью воздушных масс.

Значительное место в пособии занимает характеристика наиболее распространенных тяжелых металлов, их география, использование в быту и промышленности.

Отсюда возникают выводы о загрязненности компонентов природы (воздуха, воды и почвы) в городах и населенных пунктах. Не менее важны выводы о связи загрязнений тяжелыми металлами (поллютантами) и состояния здоровья людей в регионах России.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карлович, И. А. Геоэкология / И. А. Карлович. – М. : Академический проект, 2013. – 500 с. – ISBN 978-5-8291-1508-1.
2. Карлович, И. А. Основы техногенеза. В 2 кн. Кн. 1. Источники и потоки загрязнения окружающей среды ; Кн. 2. Факторы загрязнения окружающей среды / И. А. Карлович. – Владимир : ВГПУ, 2003. – ISBN 5-87846-401-2 (в пер.)
3. Коломыц, Э. Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем / Э. Г. Коломыц. – М. : Наука, 2008. – 427 с. – ISBN 978-5-02-035623-8.
4. Криволицкий, Д. А. Принципы обеспечения радиационно-экологической безопасности / Д. А. Криволицкий, Е. Ю. Успенская, А. В. Панфилов // Вестник Моск. ун-та. Сер. 15. География. – 2001. – № 6. – С. 37 – 41.
5. Матишов, Г. Г. ^{90}Sr и ^{137}Cs в Азовском море после аварии на Чернобыльской АЭС / Г. Г. Матишов, М. В. Буфетова // Доклад РАН. – 2002. – Т. 283. – № 5. – С. 672 – 674.
6. Осипов, В. И. Оценка и управление рисками / В. И. Осипов // Шестая Всерос. науч.-практ. конф. «Управление рисками чрезвычайных ситуаций». 20 – 21 марта 2001. – М. : КРУК, 2001. – С. 34 – 44.
7. Пашкевич, М. А. Техногенные массивы и их воздействие на окружающую среду / М. А. Пашкевич. – СПб. : С.-Петербург. гор. ин-т, 2000. – 230 с. – ISBN 5-94211-001-8.
8. Ретеюм, А. Ю. Мониторинг развития / А. Ю. Ретеюм. – М. : Хоркон, 2004. – 160 с.
9. Савин, А. Г. Техносфера в локальном и глобальном измерении / А. Г. Савин. – М. : ВНИИОЭНГ, 2002. – 298 с. – ISBN 5-88595-111-X.
10. Ясаманов, Н. А. Основы геоэкологии / Н. А. Ясаманов. – М. : Академия, 2003. – 352 с. – ISBN 5-7695-1043-9.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЕОЭКОЛОГИИ.....	8
1.1. Постановка проблемы.....	8
1.2. Научные направления геоэкологии	9
1.3. Окружающая среда (ОС)	9
Контрольные вопросы.....	11
Контрольные задания.....	12
Список основных источников	12
Глава 2. К ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	13
Контрольные вопросы.....	15
Контрольные задания.....	15
Список основных источников	16
Глава 3. О ПРОБЛЕМЕ КРУГОВОРОТА ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ.....	16
3.1. Энергоресурсный цикл.	30
3.2. Металлорудный цикл.....	33
3.3. Цикл неметаллического ископаемого сырья	36
3.4. Этапы и стадии циклов минеральных ресурсов в системе внутриобщественного круговорота веществ	37
3.4.1. Разведка и подготовка ресурсов к эксплуатации	38
3.4.2. Добыча полезных ископаемых.....	39

3.4.3. Превращение ископаемого минерального сырья в полезное (облагораживание сырья).....	42
3.4.4. Обогащение.....	43
3.4.5. Агломерация.....	43
3.4.6. Обогащение, передел руд цветных металлов	44
3.4.7. Транспортный цикл.....	45
3.4.8. Циклы продуктов и изделий через эксплуатацию и разрушение – возврат в производство и природу	49
Контрольные вопросы.....	59
Контрольные задания.....	59
Список основных источников	59
Глава 4. ПРОБЛЕМА МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ	61
4.1. О механизме вовлечения техногенных веществ в атмосферу	63
4.2. Роль дефляционных и местных ветров в переносе и отложении техногенных веществ.....	64
Контрольные вопросы.....	67
Контрольные задания.....	67
Список основных источников	68
Глава 5. ТЕХНОГЕННЫЕ ГРУНТЫ, ПОЧВЫ И МАССИВЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ КАРКАСЕ ТЕРРИТОРИЙ.....	69
5.1. Техногенные грунты и массивы.....	71
5.2. Техногенные почвы.....	77
Контрольные вопросы.....	82
Контрольные задания.....	83
Список основных источников	83
Глава 6. О ПРОБЛЕМЕ МИГРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ	84
6.1. Миграция радионуклидов в реках и морях.	84
6.2. Миграция радионуклидов на барьере моря – донные осадки (на примере Азовского моря)	86

6.3. Миграция радионуклидов в системе почва – растения.	88
Контрольные вопросы.....	92
Контрольные задания.....	93
Список основных источников	93
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	 94
 РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	 96

Учебное издание

КАРЛОВИЧ Игорь Анатольевич

ОСНОВЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЭКОЛОГИИ

Учебное пособие

Редактор Е. А. Платонова

Технический редактор С. Ш. Абдуллаева

Корректор Н. В. Пустовойтова

Компьютерный набор Т. Борисовой, Е. Шишкиной

Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 09.12.20

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,81. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.