

СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



ВВЕДЕНИЕ В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО

Кувшинкова А.Д.

Учебное пособие

Рязань 2021

Современный технический университет

**ВВЕДЕНИЕ В
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО**

Кувшинкова А.Д.

Учебное пособие

Рязань, 2021

УДК 502:330.15
ББК 20.18
В24

Введение в природообустройство: Учебное пособие / сост.
Кувшинкова А.Д. Современный технический университет. - Рязань,
2021. - 63 с. - Электронное издание.
Рецензент: кандидат географических наук Атаева Н.А.

Учебное пособие составлено по материалам отечественных учебников, научных монографий, статей, а также разработок автора. В пособии рассматриваются общие принципы природообустройства, его отличие и связь с природопользованием, необходимость геосистемного (ландшафтного) подхода, основные закономерности природных процессов, описывает свойства геосистем (ландшафтов), круговорот энергии, воды и растворенных веществ, техногенные воздействия на природные системы, создание техно-природных систем, общие подходы к созданию культурных ландшафтов, агрогеосистем, мелиорации и рекультивации земель, вытекающие из принципов природообустройства.

Учебное пособие предназначено для студентов-бакалавров.

*Одобрено решением Ученого Совета
Современного технического университета*

УДК 502:330.15
ББК 20.18
В24

© А.Д. Кувшинкова
© Современный технический университет,
2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Как только человек перешел к оседлому образу жизни, он был объективно вынужден изменять компоненты природы для повышения их полезности, возможности эффективного использования природных ресурсов. Изначально он стал заниматься орошением и осушением сельскохозяйственных угодий, затем обустройством земель населенных пунктов, противостоять природным стихиям (суховеям, наводнениям, подтоплению земель, размыву берегов, оползням и т.п.), стал регулировать сток рек. Разрушение почвенного покрова, загрязнение земель, истощение водных ресурсов, возникающие в процессе природопользования, заставили человека заниматься восстановлением нарушенных компонентов, т.е. рекультивацией территорий.

Широкомасштабные работы по изменению природной среды во благо человека из-за ряда объективных и субъективных причин сами стали приводить к негативным последствиям как на «улучшаемых» территориях, так и на прилегающих землях. Это, наряду с интенсивным природопользованием, привело к современному неблагоприятному состоянию окружающей среды и даже – к экологическому кризису.

Разнообразную деятельность по преобразованию и восстановлению природных компонентов ученые МГУП (И.П. Айдаров, А.А. Ваньков, А.И. Голованов) в 1993-1994 г.г. предложили объединить одним широким понятием «природообустройство», что позволило выработать общие подходы к модификации свойств природных компонентов, согласованию природопользования с природообустройством, сформулировать общие требования к природообустройству, обеспечивающие сохранение и воспроизводство природных ресурсов, гармоничное развитие человеческого общества и окружающей среды. Природообустройство в настоящее время стало общепринятым направлением в подготовке специалистов, формируется как новое научное направление, в котором познаются общие закономерности создания и управления особыми техно-природными комплексами. Природообустройство конкретно наполняет инженерно-экологическую деятельность, практически реализует концепцию устойчивого развития мира и отдельных стран.

Примерный английский эквивалент понятия «природообустройство» – «Environmental engineering».

Глава 1. ПРИНЦИПЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

1.1. Понятие “природообустройство”

В понятие "природа" вкладывают несколько смыслов:

- наиболее общий: все существующее во вселенной: неорганический и органический мир, включая и человека, т.е. все живое и неживое (косное);
- бытовой: вне города - поехать на природу;
- переносный: сущность - природа явления;
- узкий или специальный: совокупность естественных условий существования человеческого общества.

Наряду с естественными условиями человек создает "вторую природу": жилище, дороги, фабрики, посевы и т.п., встраивая их в природные комплексы. Встраиваемые элементы для природы зачастую являются инородными и она стремится их отторгнуть, разрушить, поэтому человек должен тратить свой труд, энергию и вещества для поддержания этих элементов в рабочем состоянии, должен уменьшать их инородность, используя принцип природных аналогий. Естественная природная среда вместе со встроенными в нее искусственными элементами образуют сложные техно-природные системы или природно-техногенные комплексы (ПТК).

Узкое понятие "природа", как совокупность естественных условий существования человеческого общества, эквивалентно понятию "окружающая среда", часто используемого в технической литературе, и соответствует греческому *oikos* - экос (дом, родина). Отсюда: экология - наука о взаимоотношении человека (в общем понимании - живых организмов) и окружающей среды.

Если понимать природу, как окружающую человека среду, то ее можно представить как географическую оболочку, состоящую из пяти компонентов:

- масс твердой земной коры;
- масс вод во всех состояниях (жидкое, парообразное, твердое - лед);
- воздушных масс;
- почвы;
- биоты или живых организмов.

Частные географические оболочки называют сферами по преобладающему компоненту: атмосфера, гидросфера, педосфера (почвенная оболочка), литосфера, биосфера (по В.И. Вернадскому – область активной жизни, охватывающая нижнюю часть атмосферы, педосферу, гидросферу и верхнюю часть литосферы). Отметим, что в любой из названных сфер помимо преобладающего присутствуют и другие компоненты, например, в водоемах помимо воды имеются растворенный воздух, твердые вещества, живые организмы.

В настоящее время, когда человек на высоком уровне развития науки и производительных сил своей деятельностью коренным образом изменяет компоненты природы, очень остро стоит вопрос о рациональном отношении человека (человеческого общества) и природы.

Человек и другие живые организмы являются материальными саморазвивающимися системами. Саморазвитие заключается в том, что они, во-

первых, содержат свои внутренние источники развития в виде разрешения заключенных в них противоречий, во-вторых, активно регулируют обмен энергией и веществом с окружающей средой и, в третьих, они сами формируют условия своего собственного развития. Для живых существ (кроме человека) преимущественно свойственен адаптивный (приспособительный) характер связи с окружающей средой, хотя некоторые высокоразвитые организмы создают себе сильно измененные условия существования (например, муравьи).

Для человека характерен адаптирующий, преобразующий, подчиняющий себе природу характер связи с внешней средой.

Человек в своей жизнедеятельности не может отказаться ни от использования природы, ни от изменения компонентов природы, ни от научно-технического прогресса. Следовательно, необходимо познание и использование в практической деятельности законов формирования и функционирования особых социоприродных или техно-природных систем. Необходимо разрабатывать стратегию движения общества от ресурсно-потребительской деятельности к сберегающе-созидающей.

Отношения человека и природы должны обеспечить гармоничное сочетание суверенных интересов человека и общества со столь же суверенными "интересами" природы.

Взаимоотношения человека и природы можно разделить на:

- 1) *природоведение* - познание объективных законов возникновения, развития, функционирования отдельных компонентов природы и их совокупности в виде природно-территориальных комплексов или геосистем различного ранга;
- 2) *природопользование* - вовлечение в общественное производство вещества, энергии и информации, содержащихся в компонентах природы, для удовлетворения материальных и культурных потребностей человеческого общества;
- 3) *природообустройство* - согласование требований природопользователей и свойств природы, придание ее компонентам новых свойств, повышающих потребительскую стоимость или полезность компонентов природы, восстановление нарушенных компонентов.

В природообустройство входит *мелиорация земель* разного назначения: сельскохозяйственных, водного и лесного фондов, населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи; рекреационного, оздоровительного, историко-культурного, научного, оборонного назначения.

Составляющей природообустройства также является восстановление свойств компонентов природы или даже самих компонентов в процессе или после их использования - *рекультивация земель*, нарушенных при добыче полезных ископаемых или в результате строительства, создания и функционирования техно-природных систем: восстановление растительного и почвенного покрова, восстановление (возобновление) запасов и качества подземных и поверхностных вод; очистка загрязненных территорий и т.п.

Элементом природообустройства является *природоохранное обустройство территорий*: борьба с водной и ветровой эрозией, восстановление

естественной гидрографической сети, особенно малых рек, водоохраных зон; *защита от природных стихий*: наводнений, подтоплений, оползней, размыва берегов, суховеев.

Таким образом, природообустройство - это особый вид деятельности, заключающийся в изменении компонентов природы для повышения их потребительской стоимости (полезности), восстановлении нарушенных компонентов и защите их от негативных последствий природопользования.

Природообустройство глубоко вмешивается в ход природных процессов, вызывает необратимые изменения в развитии и функционировании природных систем, связано с расходом большого количества материальных, энергетических, трудовых и денежных ресурсов, поэтому оно должно проводиться в условиях гласности, на определенной правовой основе, после всесторонней независимой высокопрофессиональной экспертизы, его последствия должны надежно прогнозироваться и контролироваться после осуществления.

Природообустройство тесно связано с природопользованием, часто предшествует ему, иногда проводится после смены характера использования, во многих случаях осуществляется одновременно.

Четкой границы между двумя этими видами деятельности нет. Любой вид природопользования сталкивается с необходимостью некоторого изменения свойств природных компонентов для более эффективного их использования, причем эти изменения непосредственно входят в состав технологии природопользования.

Отличие природообустройства от природопользования заключается в том, что они осуществляются разными технологиями, другими специалистами, требует других научных и практических знаний. Например, сельскохозяйственное производство является типичным природопользованием и, в зависимости от климатических особенностей зоны, оно включает агротехнические приемы сбережения влаги в засушливых местностях (снегозадержание, уменьшение поверхностного стока и др.) или приемы по уменьшению переувлажнения (планировку поверхности, узкозагонную вспашку, профилирование, грядование) – в зоне избыточного увлажнения. А вот при недостаточности этих приемов проводят оросительные или осушительные мелиорации, технологии которых отличаются от сельскохозяйственного производства, что составляет предмет природообустройства.

При функционировании металлургического или химического предприятия задача природопользователя – максимально сокращать вредные выбросы, загрязняющие природную среду, совершенствуя свои технологии производства, а задача природообустроителя – очистка загрязненных территорий: почв, вод, грунтов. Очевидно, что металлург или химик этим не могут заниматься.

Отличие природопользования и природообустройства заключается также в том, что для них является объектом труда, а что средством труда. Так в сельскохозяйственном производстве (растениеводстве) объектом труда агра-

рия является сельскохозяйственное растение, а почва – одним из главных средств труда. Для мелиоратора почва выступает как объект труда, главная задача мелиоратора - обеспечить расширенное воспроизводство плодородия почвы.

1.2. Общие принципы природообустройства

Природообустройство реализует берегающе-созидающую составляющую отношений человека и природы. Человек накопил большой опыт в применении отдельных приемов природообустройства, в настоящее время возникла необходимость в познании общих закономерностей этой деятельности, выработке общих принципов, обеспечивающих гармоничное развитие природных систем и человеческого общества, т.е. коэволюцию. При формулировании этих принципов использованы разработки кафедры философии МГУП (Орлов Р.М.). Перечислим основные принципы природообустройства:

1) *принцип целостности*: объектом природообустройства должен быть не отдельный компонент природы: почва, поверхностные или подземные воды, и не произвольно выбранная территория: поле севооборота, земли отдельного хозяйства, а *геосистема определенного ранга, включающая взаимообусловленный набор компонентов природы и развивающихся как единое целое* (фация, урочище, местность, ландшафт или их совокупность, имеющие естественные границы), такой подход позволяет объективно вычленять территорию, где проводится обустройство, наиболее полно учесть все связи между компонентами природы, их взаимовлияние; отследить дальнейшие экологические последствия;

2) *принцип природных аналогий*: желательно применять технологии природообустройства, которые воспроизводят естественные процессы функционирования компонентов природы; например, если черноземные почвы исторически сформировались при увлажнении ливневыми дождями, то и полив должен быть в виде искусственного дождя, рис же лучше выращивать на пойменных затопляемых почвах, так как это соответствует и его изначальным биологическим особенностям и почвы, на которых он растет, также сформировались при длительном затоплении водами рек или при обильных мусонных дождях; если естественный отток избыточной воды с территории обычно происходит в виде комбинации поверхностного и подземного стока, то и искусственный дренаж территории должен сочетать оба этих способа;

3) *принцип сбалансированности*: соответствие хозяйственной деятельности на обустроенной территории ресурсным и экологическим возможностям природных систем; например, выращивание сельскохозяйственных культур, наиболее соответствующих местным климатическим ресурсам, применение соответствующих систем земледелия, использование технологий природопользования, наиболее органично вписывающихся в функционирование природных систем;

4) *принцип необходимого разнообразия*: управляющая техногенная система тогда может успешно справиться со своей функцией, когда она будет устроена

также разнообразно, как и управляемая природная система; например, гидро-мелиоративная система, созданная человеком для управления водным режимом почвы, должна быть настолько разнообразна, насколько разнообразны условия формирования водного режима в разных частях конкретной геосистемы: разные типы водного питания при осушении, разная потребность в орошении; этот принцип обосновывает, в частности, необходимость применения комплексных мелиораций, т.е. одновременного регулирования нескольких факторов, формирующих плодородие почвы и продуктивность возделываемых растений, а также сочетания разных приемов мелиорации на разных частях переустраиваемой территории;

5) *принцип адекватности воздействий*: управление природными системами должно строиться на основе прямых и обратных связей, т.е. техногенные системы должны оборудоваться средствами получения и обработки информации

о состоянии природных систем, а также блоками по выработке управляющих сигналов и их реализации в зависимости от меняющейся во времени ситуации, это очень важно для управления природными процессами, происходящими при сильной изменчивости и слабой предсказуемости погодных условий;

б) *принцип гармонизации круговоротов*: нахождение наилучшего сочетания антропогенного и природного круговоротов веществ и энергии; дело в том, что человек, вмешиваясь в природные процессы, изменяет естественные и создает новые круговороты, например, природа часто выводит из геохимического круговорота токсичные вещества, соли, "захоранивает" их в глубоких пластах или в полузамкнутых геологических образованиях, человек, интенсифицируя круговорот воды орошением и дренажем, "распечатывает" эти склады, что может приводить к засолению почв, загрязнению речных вод;

7) *принцип предсказуемости*: работы по природообустройству должны опираться на достоверные количественные долговременные *прогнозы* изменения как функционирования природных систем под действием управляющих воздействий, так и на прогнозы изменения экономической и социальной обстановки на обустраиваемых территориях;

8) *принцип интеграции знаний*: - природообустройство имеет свою собственную научную базу, которая использует знания наук о природе, социально-экономических наук и прикладных наук, обосновывающих инженерно-технические мероприятия, вместе с тем природообустройство, синтезируя знания других наук, создает свои собственные знания.

Перечисленные принципы должны реализовываться при обосновании методов и способов природообустройства на конкретных территориях.

1.3. Геосистемы (ландшафты) как объекты природообустройства

Одна из фундаментальных проблем природообустройства, как и природопользования, - как встроиться человеку своей деятельностью в единое природное тело. Сразу встает вопрос - а как же выделить это природное тело? Гидрологи делят поверхность суши на речные бассейны; геологи - на плат-

формы, горные страны, синклинали, антиклинали; гидрогеологи - на бассейны подземных вод; почвоведы - на почвенные зоны, страны, области; геоботаники – на биоценозы. Примеров членения территории или ее районирования можно привести много. Их всех отличает субъективность, при этом учитываются не все связи между компонентами природы, хотя для решения частных задач такое районирование полезно.

Наиболее объективно эта проблема может быть разрешена средствами географических наук, которые в отличие от других изучают природу в целом, а не отдельные ее составляющие (почвоведение, геология, гидрология, климатология и др.).

Второй проблемой является изучение новых, отсутствовавших в природе, техно-природных систем, познание законов их создания, функционирования, развития и управления ими.

Географам удалось в последние десятилетия построить довольно стройную теорию членения Земли на генетически однородные объекты разной крупности. С этой целью они ввели понятие *геосистема* - как *пространственно-временной комплекс (полная система!) всех компонентов природы, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое*. Геосистема – это природное тело, имеющее конкретные размеры по площади и по высоте.

Географическое положение конкретной местности, ее рельеф не являются компонентами природы, но во многом определяют свойства геосистем. Климат и погода также не являются компонентами природы, это характеристики воздушных масс атмосферы, существенно влияющие на функционирование геосистем. Климат характеризует среднесезонные установившиеся характеристики воздушных масс, а погода отражает их мгновенные значения.

Планета Земля представляется как уникальная геосистема - эпигеосфера, или глобальная геосистема, т.е. сфера взаимопроникновения и взаимодействия всех компонентов природы в масштабах планеты. В местах благоприятных сочетаний указанных компонентов в нее входит и специфическое природное тело - *почва*, как продукт эволюции наружных слоев литосферы под действием живых и мертвых организмов. Геосистемный подход к природообустройству более полный, чем экосистемный.

Под экосистемой понимают единство отдельного организма или популяции (сообщества организмов) и среды обитания. При экосистемном подходе детально изучаются взаимосвязи живого и неживого, но выпадают из рассмотрения связи между косными компонентами природы. Экосистемы могут быть совершенно разных размеров, начиная от стакана воды с поселившимися в нем микробами, до лесного массива громадной площади.

Разработана иерархия геосистем. Так, на региональном уровне выделяют: ландшафтные зоны; страны; области; провинции; округа; ландшафты. На локальном уровне ландшафт делится на: местности; урочища; фации.

Ландшафтные зоны расположены в широтном направлении и отличаются количеством приходящей к ним солнечной энергии или различной теп-

лообеспеченностью. Ландшафтные зоны делятся на страны в зависимости от удаленности от океанов, следовательно, от влагообеспеченности.

Вся суша представляется в виде совокупности ландшафтов. *Под ландшафтом понимают генетически единую крупную геосистему, однородную по зональным и азональным признакам и включающую специфический набор локальных геосистем: местностей, урочищ, фаций.*

Ландшафт - это наименьшая территориальная единица, сохраняющая все типичные для данной зоны черты строения географической оболочки, в нем сочетаются и региональные и локальные особенности природы, полно представлен характерный местный комплекс природных факторов, условий жизни и деятельности людей.

Ландшафт имеет однородный геологический фундамент, определенный состав горных пород, один генетический тип рельефа, единый местный климат и, как следствие, один зональный тип и подтип почв. В то же время части ландшафта располагаются на разных формах и элементах рельефа, отличаются друг от друга микроклиматическими условиями, водным режимом, растительным покровом, что приводит к образованию разновидностей почв, появлению азональных почв (пойменных, болотных, засоленных). Таким образом, каждому ландшафту свойственен такой набор компонентов и такое внутреннее строение, что делает каждый ландшафт в целом уникальным, имеющим много индивидуальных черт.

При природообустройстве очень важно четко обозначить объект деятельности. Это имеет не только методологическое, но и большое практическое значение. Воздействие на отдельные компоненты природы - это, в сущности, абстракция, ибо эти компоненты не автономны. Это только кажется плохому специалисту, что он может лишь что-то поменять, оставив все остальное неизменным. Построив плотину на реке, чтобы сделать ее судоходной, он не только изменил уровень воды на отдельном участке реки, но и повлиял на прилегающие земли, подтопив их, на температурный режим воды в реке и т.д. При природообустройстве, равно как и при природопользовании, надо рассматривать целостные геосистемы. Конечно, в каждом конкретном случае можно выделить главный объект природообустройства - определенный компонент геосистемы, не забывая, что он тесно связан с другими. Например, при мелиорации сельскохозяйственных земель главным объектом деятельности является почва, как среда и средство для жизни растений. В других случаях это могут быть поверхностные или подземные воды, грунты, как основания для сооружений.

Ландшафты, в зависимости от их местонахождения, сочетания свойств компонентов природы объединяются в типы, подтипы, классы, подклассы, виды. Тип ландшафта - наиболее крупная таксономическая единица, определяется соотношением естественной обеспеченности теплом и влагой. Именно это соотношение предопределяет многие показатели функционирования ландшафта, его продуктивность, т.е. продуцирование биомассы.

Перечислим основные свойства геосистем, в том числе и ландшафтов:

- 1) *целостность*: геосистема любого ранга - это определенный набор взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов;
- 2) *открытость*: геосистемы обмениваются энергией и веществом с другими геосистемами, что объясняет взаимозависимость геосистем, распространение антропогенных воздействий часто негативного характера на соседние территории;
- 3) *функционирование*: внутри геосистемы идут непрерывные процессы преобразования и обмена веществом, энергией и информацией (круговорот); функционирование геосистемы - это интегральный природный процесс, только человек совершенно условно подразделяет его на отдельные составляющие: физические, химические, биологические и т.д., природа об этом и не "знает";
- 4) *продуцирование биомассы*: важнейшее свойство геосистем, заключающееся в синтезе органического вещества первичными продуцентами - зелеными растениями, которые, используя солнечную энергию, извлекают двуокись углерода из атмосферы, зольные элементы и азот - с водными растворами из почвы;
- 5) *способность почвообразования* - отличительное свойство земных ландшафтов, заключающееся в образовании особого природного тела - почвы в результате взаимодействия живых организмов и их остатков с наружными слоями литосферы, предварительно подвергшимися измельчению под действием воды, солнца, ветра; почвы обладают неопределимым свойством - плодородием, т.е. способностью создавать условия для жизни растений и других организмов; являясь продуктом функционирования, почвы стали и важным компонентом природы;
- 6) *структурность*: геосистемы обладают пространственно-временной упорядоченностью (организованностью), определенным расположением ее частей и характером их соединения; различают вертикальную или ярусную структуру, как взаиморасположение компонентов (слоистость), и горизонтальную или латеральную структуру, как упорядоченное расположение геосистем низшего ранга, поэтому нужно рассматривать как вертикальные или межкомпонентные связи так и горизонтальные или межсистемные связи;
- 7) *динамичность*: способность обратимо изменяться под действием периодически меняющихся внешних факторов без перестройки структуры; это обеспечивает гибкость геосистемы, ее "живучесть"; проявляется она при суточных, сезонных, годовых и многолетних циклах изменения солнечной радиации, свойств воздушных масс;
- 8) *устойчивость*: способность восстанавливать или сохранять структуру и другие свойства при изменении внешних воздействий; устойчивость, в частности, объясняет и динамичность геосистемы; природную устойчивость геосистем следует отличать от устойчивости техно-природных систем, которая заключается в способности выполнять заданные социально-экономические функции;
- 9) *способность развиваться*: геосистемы эволюционно изменяются, т.е. происходит направленное необратимое изменение, приводящее к коренной перестройке структуры, т.е. к появлению новых геосистем; скорость изменения

зависит от ранга геосистемы: быстрее изменяются фации, затем - урочища, местности, время изменения ландшафтов и их групп измеряется геологическими масштабами;

10) *изменчивость свойств компонентов геосистем в пространстве*: она может быть детерминированной или упорядоченной и недетерминированной или случайной, т.е. когда какое-то свойство (плотность, пористость, коэффициенты фильтрации и теплопроводности и др.) меняется из точки в точку, не подчиняясь какой-либо закономерности; изменчивость повышает устойчивость геосистемы, но затрудняет принятие технических решений, так как регулярное воздействие приходится накладывать на среду со случайными параметрами и отклик на это воздействие получается случайным; например, поле поливают одной нормой, а влажность в разных его частях может после полива отличаться на 10...20%, случайная неоднородность усложняет текущие наблюдения (мониторинг), для репрезентативности их надо проводить в нескольких точках;

11) *нелинейность природных процессов*: трансформация и обмен энергией и веществом идут всегда с замедляющейся скоростью: уменьшается скорость впитывания воды в почву, замедляется остывание почвы при похолодании, затухает скорость понижения уровня грунтовых вод при дренировании и т.д. Это свойство также повышает устойчивость геосистемы, она не идет "враскачку". Некоторые процессы идут с увеличивающейся скоростью, например, рост популяции отдельного организма в благоприятных условиях, но это наблюдается недолго, затем наступает замедление из-за недостатка пищи или роста популяции хищников.

У ландшафта имеются природные, естественные границы, что позволяет составлять ландшафтные карты. Так, например ученые географического факультета МГУ составили в 1987 г. ландшафтную карту Московской области в масштабе 1:600 000. Здесь на площади 46000 км² (без города Москвы) выделено 103 ландшафта. В среднем площадь одного ландшафта составляет около 450 км², заметим, что средняя площадь одного колхоза или совхоза в Московской области была около 40 км², т.е. на территории одного ландшафта могут разместиться более десяти хозяйств. На менее расчлененных территориях площадь одного ландшафта может достигать 1,5...2 тыс. км².

Следовательно, ландшафт - это крупный выдел территории, который обладает индивидуальностью, единым происхождением, имеет сложную структуру, состоит из нескольких местностей, урочищ, фаций, всегда выполняет несколько социально-экономических функций, иными словами, *на нем расположены земли разного назначения*. Это обстоятельство значительно усложняет взаимоотношения человека и ландшафта, делает их многозначными и порой противоречивыми.

1.4. Техногенные воздействия на геосистемы. Природно-техногенные комплексы.

Очень важной проблемой является сосуществование и взаимодействие естественных ландшафтов и встроенных в них человеком искусственных сооружений, устройств, насколько меняется ландшафт при изменении растительного покрова, при изменении режима течения рек, при строительстве водохранилищ, карьеров, шахт и т.д.

Встроенные в ландшафт или в геосистемы любого ранга искусственные сооружения или вносимые в него новые элементы (посевы новых культур, здания, сооружения) функционируют в нем, подчиняясь природным законам. Новые техногенные или антропогенные объекты физически входят в ландшафт, становятся его элементами, но ландшафт остается природной системой. В некотором смысле неважно, как появился в составе ландшафта тот или иной элемент: образовался водоем в результате естественной запруды на реке, или человек насыпал в русле плотину, образовался овраг естественным путем или в результате неправильной распашки склонов. Важно то, что эти элементы "работают" вместе с природными и именно их взаимодействие нужно изучать, чтобы уменьшить негативные последствия изменения ландшафта.

При оценке воздействий человека на природу, конкретно, на определенные геосистемы, в том числе и на ландшафты, надо иметь в виду фундаментальное обстоятельство, заключающееся в том, что как бы сильно не был изменен ландшафт человеком, в какой бы степени не был насыщен результатами человеческого труда, он остается частью природы, в нем продолжают действовать природные закономерности. Человек не в состоянии отменить объективные законы функционирования и развития геосистем, сnivelировать качественные различия между ландшафтами тайги и степи, степи и пустыни. Воздействие человека на ландшафт следует рассматривать как природный процесс, в котором человек выступает как внешний фактор. При этом надо иметь в виду, что новые элементы, внедряемые человеком в ландшафт (пашни, сооружения, техногенные выбросы) не вытекают из структуры ландшафта, не обусловлены им и поэтому оказываются чужеродными элементами, не свойственными конкретному ландшафту. Поэтому ландшафт стремится отторгнуть их или "переварить", модифицировать. В связи с этим, антропогенные элементы, внедряемые в ландшафт, являются неустойчивыми, неспособными самостоятельно существовать без постоянной поддержки человека. Так, культурные растения, если за ними не ухаживать, не возобновлять, будут вытеснены "дикими", пашня - зарастет, каналы в земляном русле – или заплывут или будут меандрировать, как реки, здания – разрушатся.

Следствием этого, во-первых, является необходимость постоянной затраты человеком труда и ресурсов на поддержание таких элементов, необходимость ухода, ремонта, реконструкции, а во-вторых, для повышения устойчивости внедряемых элементов человек должен максимально уменьшать их "чужеродность" для ландшафта (см. принцип природных аналогий).

Для оценки характера и глубины техногенного воздействия, определения допустимого предела воздействия или допустимой антропогенной нагрузки на геосистему, за которыми наступают необратимые и нежелатель-

ные ее изменения, необходимо в каждом конкретном случае определять устойчивость геосистемы к техногенным нагрузкам.

Всякая геосистема приспособлена к определенным условиям, в пределах которых она устойчива и нормально функционирует даже при возмущениях внешних природных факторов (динамичность геосистемы). Техногенные возмущения часто превосходят природные, они более разнообразны, некоторые вообще отсутствуют в природе, например загрязнение искусственными веществами. Все это вызывает необходимость в специальных исследованиях реагирования геосистемы на конкретные воздействия, которые должны быть положены в основу проектов по природопользованию и природообустройству. Отметим здесь важность долговременных количественных прогнозов поведения геосистем при разных вариантах техногенных воздействий.

Приведем общие критерии природной устойчивости геосистем. Прежде всего - это *высокая организованность, интенсивное функционирование и сбалансированность функций геосистем, высокую биологическую продуктивность и возобновимость растительного покрова. Эти качества определяются оптимальным соотношением тепла и влаги, а находят свое выражение в степени развитости почвенного покрова, в конечном итоге, в плодородии почв.*

Так, тундровые ландшафты с недостатком тепла имеют слаборазвитые почвы, они очень неустойчивы при техногенных нагрузках, сильно ранимы и очень медленно восстанавливаются. Дефицит тепла определяет низкую активность биохимических процессов, медленную самоочищаемость от промышленных выбросов. При разрушении растительного и почвенного покровов нарушается тепловое равновесие многолетнемерзлых пород, что вызывает просадки, разрушение фундаментов сооружений и т.п.

Таежные ландшафты в целом более устойчивы из-за лучшей обеспеченности теплом и благодаря мощному растительному покрову, здесь формируются естественно не очень плодородные подзолистые почвы, но отзывчивые на высокую культуру земледелия. Интенсивный влагооборот способствует удалению подвижных форм загрязняющих веществ, но биохимический круговорот еще медленный. Устойчивость геосистем в этой зоне снижается также из-за заболоченности, а также при сведении лесного покрова.

Высокой устойчивостью обладают ландшафты степной зоны, где наблюдается наиболее благоприятное (для условий России) соотношение тепла и влаги. Здесь под пологом мощной степной травянистой растительности в естественных условиях образовались одни из самых плодородных почв мира - черноземы. Высокая биохимическая активность степных ландшафтов способствует их довольно интенсивному самоочищению. Но следует иметь в виду, что широкомасштабная распашка черноземных почв существенно понизила их устойчивость: происходит интенсивная сработка гумуса, а это фактор устойчивости, повсеместно развилась водная и ветровая эрозия, ухудшаются свойства почв при многократных обработках, особенно с применением тяжелой

техники, происходит уплотнение почв. Неаккуратное орошение (большими нормами, с высокой интенсивностью искусственного дождя) также ухудшает свойства почвы, вымывает питательные вещества, приводит к подъему уровня грунтовых вод, заболачиванию и засолению.

В пустынных ландшафтах интенсивная солнечная радиация ускоряет биохимические процессы, в частности разложение отмерших растительных остатков и органических загрязнителей, но недостаток влаги уменьшает вынос продуктов разложения, в том числе и загрязняющих веществ. Растительность здесь бедная, биологическая продуктивность невелика, вследствие этого почвы маломощные и также как и в тундровой зоне - сильно ранимы. Поэтому пустынные ландшафты малоустойчивы. Повысить их устойчивость может орошение, что и широко используется человеком. Вместе с тем, орошение без соблюдения правильных норм, большие потери воды из каналов, связанное с этим дополнительное дренирование территории интенсифицируют гидрохимические потоки, что приводит к вторичному засолению земель, к загрязнению и истощению рек. Все это делает ландшафты неустойчивыми.

Водные мелиорации (орошение и осушение) повышают устойчивость геосистем, приводя к оптимальному соотношению тепла и влаги, но, являясь сильным возмущающим фактором, при их передозировке могут привести к противоположному результату. Восстановление нарушенных компонентов, очистка от загрязнения, т.е. рекультивация земель также способствует росту устойчивости.

Устойчивость геосистем зависит от внутренней неоднородности свойств компонентов, так разнообразный состав луговых трав делает луг более устойчивым при разных погодных условиях, чем искусственный сенокос с меньшим видовым разнообразием. Выраженный микрорельеф и вариация водно-физических свойств почв также повышает устойчивость и почвенного и растительного покровов: в сухие периоды года продуцирование биомассы лучше в понижениях, а во влажные периоды лучшие условия создаются на микровозвышениях.

Устойчивость геосистемы растет с повышением ее ранга. В этом смысле наименее устойчивой является фацция - наименьшая геосистема, характеризующаяся однородными условиями местоположения и местообитания и одним биоценозом. Фацции сильнее всего откликаются как на изменение внешних природных условий, так и на деятельность человека. Фацции наиболее радикально изменяются при природопользовании. Более крупные геосистемы в меньшей степени подвержены изменениям.

Степень изменения ландшафта зависит от того, какие компоненты подверглись модификации или даже разрушению. С этих позиций выделяют первичные и вторичные компоненты. Геологический фундамент и свойства воздушных масс, т.е. климат, являются базовыми, первичными, формирующими облик ландшафта, их, кстати, человеку трудней всего изменить, хотя примеры этого уже имеются: разработка месторождений открытым способом, когда карьеры достигают глубины 100...200 и более метров, а в плане измеряют-

ся десятками километров. Легче всего человек изменяет вторичные компоненты: растительный покров, почвы, сильно воздействует на поверхностные воды, но вторичные компоненты и легче восстанавливаются.

В настоящее время принято по степени изменения ландшафтов подразделять их на:

1) условно неизменные, которые не подверглись непосредственному хозяйственному использованию и воздействию, в них можно обнаружить лишь слабые следы косвенного воздействия, например, осадение техногенных выбросов из атмосферы в нетронутой тайге, в высокогорьях, в Арктике, Антарктике;

2) слабоизмененные, подвергающиеся преимущественно экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое частично затронуло отдельные "вторичные" компоненты ландшафта (растительный покров, фауну), но основные природные связи не нарушены и изменения носят обратимый характер; это тундровые, таежные, пустынные, экваториальные ландшафты;

3) среднеизмененные ландшафты, в которых необратимая трансформация затронула некоторые компоненты, особенно растительный и почвенный покров, это - свodka леса, широкомасштабная распашка, в результате которых изменяется структура водного и частично теплового баланса, биогеохимический круговорот;

4) сильно измененные (нарушенные) ландшафты, которые подверглись интенсивному воздействию, затронувшему почти все компоненты (растительность, почвы, воды и даже массы твердой земной коры), что привело к существенному нарушению структуры, часто необратимому и неблагоприятному с точки зрения интересов общества и природы; это главным образом южнотаежные, лесостепные, степные, сухостепные ландшафты, в которых наблюдается обезлесивание, эрозия, засоление, подтопление, загрязнение атмосферы, вод и почв; широкомасштабная мелиорация (орошение, осушение) также сильно изменяет ландшафты, другое дело, в какую сторону происходят эти изменения

они могут быть и должны быть позитивными как для природной системы, так и для человека;

5) *культурные ландшафты, в которых структура рационально изменена и оптимизирована на научной основе, с учетом вышеизложенных принципов, в интересах общества и природы; именно таким ландшафтам должно принадлежать будущее.*

Измененную геосистему нужно рассматривать как особую *техноприродную систему, в которую встроены техногенные инородные для природы блоки*: посевы сельскохозяйственных культур, здания, сооружения, коммуникации и т.п. В такой системе техногенные и природные блоки функционируют, подчиняясь природным законам. Вместе с тем, надо рассматривать и взаимодействие техногенных блоков, их зависимость от социально-экономических условий, например, в свете собственности: земля принадлежит одному субъекту, а сооружения, построенные на ней - другому.

Устойчивость техно-природных систем вступает в противоречие с устойчивостью измененной природной системы. Если природная система старается возвратиться в "первобытное" состояние, о чем было сказано выше, то человек заинтересован в устойчивости техно-природных систем. Критерии устойчивости в обоих случаях имеют противоположный характер. Если зарастание пашни служит критерием устойчивости геосистемы как природного образования, то этот же процесс рассматривается как свидетельство неустойчивости уже техно-природной системы, в данном случае - агрогеосистемы, назначение которой - поддерживать заданные свойства пашни для получения требуемого урожая определенных культур. Еще пример: осушительная система без поддержки человека приходит в негодность (мелеют каналы, заиляются и зарастают корнями дрены и т.п.). Следовательно, природная геосистема восстанавливает свой естественный водный режим, который был до осушения, и это есть критерий ее устойчивости. С точки зрения техно-природной системы эта же ситуация является признаком неустойчивости.

Устойчивость преднамеренно модифицированной геосистемы (техно-природной системы) вместе с встроенным в нее техногенным блоком определяется как способность выполнять заданную социально-экономическую функцию.

Измененные человеком геосистемы, как правило, менее устойчивы, чем первичные, поскольку естественный механизм саморегулирования в них нарушен. Поэтому экстремальные отклонения параметров внешней среды, которые "гасятся" в естественной геосистеме, могут оказаться разрушительными для антропогенной модификации: один заморозок может погубить культурную растительность, пыльная буря за несколько дней может разрушить почвенный слой на распаханной территории.

Техногенный блок природно-технических систем менее устойчив и может существовать только при постоянной поддержке человеком.

Техно-природные системы или природно-техногенные комплексы. Природообустройство – это сложное дорогостоящее ресурсо- и энергоемкое мероприятие, проводимое длительное время, для его осуществления необходимо создание комплекса сложных инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных природных условиях, часто экстремальных, при переменных погодных условиях. Поэтому на больших площадях строятся *инженерные системы природообустройства, т. е. комплекс сооружений, устройств, машин и оборудования, предназначенных вместе с мероприятиями для достижения той или иной цели.* Инженерные системы природообустройства по своей сути являются техно-природными системами. При их создании необходимо руководствоваться изложенными выше принципами природообустройства.

К инженерным системам природообустройства относятся:

1) инженерные мелиоративные системы, предназначенные для реализации требуемого мелиоративного режима земель;

- 2) инженерно-экологические системы, предназначенные для восстановления естественной самоочищаемости загрязненных территорий, сокращения поступления на них загрязняющих веществ и их удаления, локализации очага загрязнения;
- 3) инженерные природоохранные системы;
- 4) инженерные противостихийные системы, предназначенные для борьбы с наводнениями, подтоплением, размывом берегов, с оползнями, селями и т.п.;
- 5) инженерные системы регулирования поверхностного стока, необходимые при комплексном использовании водных ресурсов;
- б) инженерные системы водоснабжения, обводнения и водоотведения.

Состав мелиоративной системы зависит от вида мелиорируемых земель, совокупности регулируемых показателей мелиоративного режима. В общем, мелиоративная система включает регулирующие элементы, непосредственно осуществляющие мелиоративные воздействия, проводящие и ограждающие элементы, источники привлекаемых ресурсов, например, воды, приемники технологических сбросов с мелиорируемой территории (дренажные воды, вредные вещества, наносы и т. п.). Помимо этого, в состав системы входят объекты энергетического обеспечения, дороги, сооружения; средства контроля, связи и управления, обеспечивающие обратную связь между управляющими воздействиями и управляемым объектом и мониторинг состояния мелиорируемой и прилегающей территории, а также природоохранные сооружения, производственные базы, служебные и жилые помещения службы эксплуатации и консультативной службы, осуществляющей постоянное взаимодействие между землепользователями и мелиораторами.

Мелиоративные системы в зависимости от их крупности, важности могут принадлежать отдельным землепользователям: фермеру, предприятию; группе землепользователей; могут быть муниципальными; крупные системы, имеющими важное значение для экономики, могут быть в собственности субъектов Российской Федерации или даже федеральными.

Мелиорируемые земли обслуживаются мелиоративной системой, но не входят в ее состав в смысле собственности.

Надежность мелиорации и ее эффективность во многом зависят не только от технического совершенства мелиоративной системы, но и от правильного ее функционирования, соблюдения технологических режимов, искусства управления ею в неопределенных погодных условиях. Это обстоятельство, требующее принятия решений в условиях неопределенности и сопряженное со значительным риском не только экономического ущерба, но и аварий и разрушений, значительно усложняет управление мелиоративной системой по сравнению с другими предприятиями, менее зависящими от внешних условий. Ошибки в управлении гидромелиоративной системой (оросительной или осушительной) могут привести к переувлажнению или иссушению земель, прорыву дамб или плотин, подтоплению земель и др.

Поэтому очень важна правильная научно обоснованная эксплуатация мелиоративных систем, прежде всего грамотное управление ею, основанное на мониторинге состояния земель, долгосрочном и краткосрочном прогнозе погодных условий. Этому может способствовать моделирование процессов на мелиорируемых землях в режиме реального времени с помощью приведенных ниже моделей, разработка вариантов сценария действия системы в зависимости от прогнозов и минимизация риска от принимаемых решений.

Инженерно-экологические системы строятся на сильно загрязненных территориях, признанных зоной чрезвычайной экологической ситуации или зоной экологического бедствия: загрязненных нефтепродуктами, тяжелыми металлами, другими техногенными загрязняющими веществами. Состав этих систем зависит от вида и степени загрязнения, они содержат практически те же элементы, что и мелиоративные системы.

Инженерные природоохранные системы прежде всего создаются с целью восстановления и создания экологической инфраструктуры на водосборных площадях, предохраняющих земли от водной и ветровой эрозии, разрушения оврагами, восстановления малых рек и водоемов, восстановления почвозащитной и водозащитной древесной и кустарниковой растительности, создания биогеохимических барьеров на пути движения загрязняющих веществ.

Инженерные противостихийные системы должны защищать человека, населенные пункты, дороги, а также компоненты природы, особенно почвенный и растительный покров, животный мир от воздействия стихий: затопления при разливе рек, подтопления при подъеме уровня грунтовых вод, размыва берегов морей, рек, водохранилищ, от оползней, селей (разрушительных грязекаменных потоков в горной местности).

Для эффективного использования водных ресурсов необходимо регулирование поверхностного стока на водосборе, строительство комплексных (разного назначения) гидроузлов, водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования стока, осуществление мероприятий по охране водных объектов, улучшения качества вод. В ряде регионов пополняют запасы подземных вод, защищают подземные воды от загрязнения.

Очень значимым является обводнение территорий, особенно в засушливых степях, строительство систем водоснабжения, очистка сбросных вод и рациональное использование сточных вод, что также является частью природообустройства и требует создания современных инженерных систем.

1.5. Общие подходы к созданию культурных ландшафтов

Высказанный выше лозунг, что отношения человека и природы должны обеспечить гармоничное сочетание суверенных интересов человека и общества со столь же суверенными "интересами" природы материализуется в создании культурных ландшафтов, в которых структура рационально изменена и оптимизирована на научной основе, в интересах общества и природы.

Очевидно, мы не можем и не должны стремиться превратить все

ландшафты в культурные, так таежные ландшафты или ландшафты тропических лесов пусть еще долгое время будут природными фабриками кислорода, местом обитания животных и растений, регуляторами водного режима, наконец, запасами древесины и других ресурсов для будущих поколений.

Поэтому многие ландшафты, особенно условно неизменные и слабоизмененные должны подлежать *уходу*: уменьшение загрязнения за счет сокращения техногенных выбросов в атмосферу, противопожарные мероприятия, борьба с вредителями и болезнями, санитарные рубки леса, регулирование (ограничение) хозяйственной деятельности. Это касается тундровых, слабо освоенных таежных, полупустынных и пустынных ландшафтов.

Второе направление во взаимоотношениях человека и ландшафта - это *консервация* некоторых ландшафтов, т.е. организация заповедников, природных и национальных парков, прежде всего для сохранения генофонда растений и животных, а также в рекреационных, оздоровительных, культурных, водоохраных, почвозащитных, санитарных целях.

Третье направление - это *оптимизация* средне- и сильноизмененных (нарушенных) ландшафтов с целью превращения их в культурные.

Создавая культурные ландшафты, человек повышает их полезность, продуктивность. Для этого надо всесторонне оценивать экономическую ценность (стоимость) ландшафтов или их частей в естественном состоянии, в процессе существующего использования и после превращения их в культурные.

В последнее время экономисты (Бобылев С.Н., МГУ, и др.) предложили довольно полную, всестороннюю экономическую оценку ландшафтов или отдельных природных объектов, например болота, луга, леса, водоема и т.д. Общую экономическую ценность (стоимость) $Эц$ они предлагают считать состоящей из стоимости использования $Си$ и стоимости неиспользования $Сни$, отражающей социальную значимость природы для общества:

$$Эц = Си + Сни.$$

В свою очередь стоимость использования подразделяют на прямую стоимость $Пс$ (извлекаемую и неизвлекаемую), косвенную стоимость использования $Кс$ и стоимость отложенной альтернативы $Са$:

$$Си = Пс + Кс + Са.$$

Стоимость неиспользования, т.е. сохранения природного объекта для природы и человека $Сни$ складывают из стоимости его существования и наследования будущими поколениями (непотребительной стоимости) $Сс$, стоимости (ценности) выполняемых им экологических функций $Сэ$, информационной стоимости $Син$:

$$Сни = Сс + Сэ + Син.$$

Например, общая экономическая стоимость болота состоит из

1) прямой стоимости его использования человеком: извлекаемой без осушения – добыча мха, клюквы, после осушения – добыча торфа, выращивание сельскохозяйственных культур; неизвлекаемой – охота;

- 2) косвенной стоимости использования – изучение флоры и фауны, миграции птиц и т.п., в связи с этим, защита флоры и фауны;
- 3) стоимости отложенной альтернативы – сохранение торфа для будущего использования по мере развития новых технологий в химической, медицинской промышленности;
- 4) стоимости существования и наследования – затраты на сохранения болота для будущих поколений при осушении прилегающих земель, при дорожном строительстве, борьба с пожарами;
- 5) стоимости экологических функций – значимость болота для регулирования стока рек, как биогеохимического барьера на пути миграции загрязняющих веществ;
- б) информационной стоимости – возможность познания геологической истории местности, использование генофонда проживающих организмов для селекционной работы.

Такая оценка изменяет отношение человека к природным объектам, как к бесплатным, даровым источникам ресурсов и услуг. Она позволяет оценить их значимость как уникальных объектов, осознано подходить к их изменению в процессе природообустройства и к использованию, показывает взаимозависимость частных ценностей. Повышая одну из ценностей, полезностей, можно уменьшить другую, что в сумме возможно приведет к отрицательному эффекту.

Важно также, какой ценой оплачен рост одной из полезностей, в частности, каким объемом материальных или энергетических ресурсов, извлекаемых, в том числе и из других ландшафтов. Яркий пример – бурная дискуссия о межбассейновых перебросках речного стока. По видимому, общество приняло бы идею перебросок, если бы изначально была бы доказана "межландшафтная" полезность перераспределения водных ресурсов.

Таким образом, совокупность мероприятий по окультуриванию ландшафтов должна основываться на оптимизации не частных полезностей, что обычно и делается, а на доказательстве повышения общей полезности с учетом межландшафтных связей.

В культурном ландшафте надо обеспечивать максимальную производительность возобновляемых природных ресурсов и, прежде всего, биологических. Нужно ориентироваться на использование возобновляемых "чистых" энергетических ресурсов, не загрязняющих природную среду; предотвращать нежелательные процессы как природного, так и техногенного характера (эрозия почв, заболачивание, засоление, наводнения, оползни, размывы берегов, сели, обмеление рек, загрязнение воздуха, вод, почвы и т.д.).

Большие возможности имеет мелиорация земель как средство создания культурных ландшафтов, хотя неправильное ее применение сопряжено с негативными последствиями. Но надо ли сразу браться за мелиорацию ландшафта, желая сделать его культурным? Помимо мелиорации человек имеет в своем распоряжении достаточно средств и ограничений своей деятельности, что бы реализовать идею культурных ландшафтов.

В создании культурного ландшафта главная роль отводится научной организации его территории. В проекте организации территории следует предусматривать оптимальный набор угодий различного назначения, рациональное соотношение их площадей, взаимное расположение, форму и размеры, режим использования, разумное количество мелиорированных земель (иногда надо идти не на их увеличение, а на сокращение, реконструкцию мелиоративных систем).

Эти решения определяются, с одной стороны, социальным заказом, а с другой - строением самого ландшафта и тем наследием, которое оставила предшествующая хозяйственная деятельность. Нужно иметь в виду, что интересы экономики и охраны природы не всегда совпадают, нужно искать компромисс, отдавая предпочтение сохранению природы, так как это является долговременным фактором жизни людей на данной территории. Часто вступают в противоречие и интересы различных отраслей производства: например, при создании водохранилищ повсеместно возникает конфликт между интересами гидроэнергетики, сельского хозяйства, рыболовства. Особенно сложная ситуация складывается в густонаселенных давно освоенных районах с напряженным земельным балансом, где нужны резервные территории для развития населенных пунктов, коммуникаций, оздоровительных и природоохраненных зон.

С точки зрения функционирования ландшафта можно высказать еще ряд требований при превращении его в культурный:

- 1) культурный ландшафт не должен быть однообразным, кстати, это объясняется его изначально сложным морфологическим строением, которое, в общем-то, затрудняет использование земель, например, в Нечерноземной зоне России, где распространены холмисто-моренные таежные ландшафты с большим количеством болот и переувлажненных почв, с чередованием небольших массивов пашни, лугов с лесными массивами, затруднено применение сельскохозяйственной техники, но проводившееся в одно время укрупнение полей, борьба с мелкоконтурностью вряд ли оправданы; лучше технику приспособлять к ландшафту, чем провоцировать эрозию почвы и другие нежелательные последствия;
- 2) в культурном ландшафте не должно быть антропогенных пустошей, заброшенных карьеров, отвалов, свалок, служащих источниками загрязнения, все они должны быть рекультивированы;
- 3) при организации территории надо стремиться к увеличению площади под растительным покровом, включая посевы сельскохозяйственных культур, среди которых обязательно должны быть травы, рекультивируемые площади желательно занимать древесными насаждениями, устраивать природоохраненные зоны в виде древесно-кустарниковых полос;
- 4) на части культурного ландшафта желательно экстенсивное приспособительное использование земель, так как естественные ценозы довольно эффективно используют солнечную энергию и при определенных условиях экономически не менее выгодны, чем посевы культурных растений, при разумном

уходе за лесами, естественными лугами, пастбищами и даже болотами (особенно верховыми) с них можно получать много полезного для человека и это будет способствовать охране природы;

5) культурный ландшафт должен иметь охраняемые территории, на которых в разной степени консервируются элементы ландшафта, это могут быть заповедники, как самые строго охраняемые земли, где разрешены только научные исследования без всякой хозяйственной деятельности и без массового посещения людьми, природные резерваты, заказники разного назначения (в том числе и охотничьи); подлежат выявлению и сохранению отдельные редкие или интересные природные объекты: водопады, формы рельефа, геологические обнажения, уцелевшие остатки коренных растительных сообществ и т.п.; хорошо сочетаются природоохранные, рекреационные, культурно-воспитательные и экономические функции ландшафта в национальных и природных парках;

6) при организации территории ландшафта надо учитывать горизонтальные связи между его составляющими, направление потоков веществ и их интенсивность, это очень важно при размещении промышленных предприятий, жилых кварталов, зеленых зон, водоемов, участков пашни при расчлененном рельефе;

7) на территории культурного ландшафта должен быть выполнен комплекс работ по улучшению, восстановлению и облагораживанию гидрографической сети: восстановление малых рек, создание водоемов, регулирование поверхностного и подземного стока, улучшение качества поверхностных и подземных вод;

8) создание культурного ландшафта должно завершаться его внешним благоустройством, это должно достигаться уже при рекультивации земель, при рациональном размещении угодий, при создании природоохранных зон, помимо этого очень важно удачное вписывание в ландшафт различных сооружений (это предмет ландшафтной архитектуры).

Перечисленные мероприятия по рациональному размещению угодий, правильному их использованию и охране надо сочетать с мерами по повышению их потенциала путем различных мелиораций, т.е. активным регулированием процессов функционирования ландшафта.

Высказанные здесь соображения начинают реализовываться в научных и практических проработках по ландшафтному земледелию. Именно сельскохозяйственное производство, несмотря на кажущееся несильное влияние на природные системы, но, благодаря широкомасштабному развитию, является мощным природоизменяющим фактором. Важность этого вида природопользования и значительные негативные экологические последствия заставили аграриев в первую очередь обратиться к системному анализу своей деятельности, переходить к адаптивным природосберегающим технологиям.

Сейчас уже сформулированы с географических позиций многие положения концепции "агрландшафта". Отметим неудачность этого термина, так как практически никогда весь ландшафт не используется в сельскохозяйственном производстве, не только из-за его значительной территории, но,

главным образом, из-за своего внутреннего разнообразия. Поэтому более строгим является понятие "агрогеосистема", как разновидность техно-природной системы. Агрогеосистемы формируются в рамках фаций и их сообществ или урочищ, они выступают непосредственным объектом при мелиорации сельскохозяйственных земель.

Агрогеосистема – это техно-природная ресурсо-воспроизводящая и средообразующая геосистема, она служит объектом сельскохозяйственной деятельности и, одновременно, средой обитания культурных растений, домашних животных и человека. В ней эксплуатируется уникальный природный процесс, свойственный зеленым растениям, - фотосинтез, создающий живое вещество из неорганических веществ, энергетической основой которого является солнечное излучение.

Агрогеосистема во многом отличается от природной, целинной геосистемы. Прежде всего, коренной трансформацией биогеохимического круговорота веществ. Если в природных геосистемах лишь около 10% первичной биологической продукции, создаваемой зелеными растениями, утилизируется в трофических (питательных) цепях травоядными и всеядными животными, а остальная растительная масса после отмирания идет на расширенное воспроизводство плодородия почвы, то в пахотных агрогеосистемах отчуждение с убранным урожаем подавляющей части биомассы приводит к резкому дисбалансу биогеохимического круговорота. Как следствие, происходит обеднение почв гумусом, питательными элементами, разрушается структура пахотного горизонта. Почва теряет свое плодородие, становится податливой к эрозионным процессам. Возникает необходимость восстановления плодородия почвы за счет внесения органических и минеральных удобрений. К этому добавляется и другая химическая нагрузка: разнообразные ядохимикаты, химмелиоранты (известь, гипс).

Как уже отмечалось, агрогеосистемы менее устойчивы из-за уменьшения разнообразия растительного покрова.

Создание культурных агрогеосистем предполагает адаптивное растениеводство; контурное земледелие; биологические (альтернативные) системы полеводства с отказом от ядохимикатов и с сокращением минеральных удобрений; минимизацию обработки почвы; переход от монокультурных посевов к поликультуре; рациональную организацию территории.

В концепции ландшафтного земледелия много внимания уделяется оптимальному насыщению агрогеосистем морфологическими элементами экологического назначения. Они могут быть как природными, так и специально созданными. В составе культурной агрогеосистемы обязательно должна быть экологическая инфраструктура, которая поддерживает геосистему в динамически устойчивом состоянии.

При оптимизации ландшафта необходимо сбережение или восстановление естественных элементов экологической инфраструктуры: колочные и байрачные леса, нагорные дубравы, "бордюрные" дубняки, леса крутых коренных склонов речных долин, лесные, кустарниково-степные останцево-

водораздельные массивы, сосновые боры на песчаных надпойменных террасах, приречные уремы и др. Придается большое значение созданию лесных полос - полезащитных, приовражных, прибалочных, водозащитных и др.

Глава 2. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ

Открытость геосистем любого ранга, а также их функционирование обеспечивают круговорот веществ, знание которого необходимо для оценки техногенных воздействий на природные системы, в том числе и при природообустройстве. Различают абиотический (геологический) и биотический (биогенный) круговороты. Геологический круговорот складывается из круговорота воздушных масс или газов, вод во всех формах (жидкая, парообразная, твердая), масс литосферы в виде твердой фазы или в растворенном виде.

2.1. Круговорот воды в природе

Вода обладает уникальными свойствами, делающими ее незаменимым фактором, участвующим во всех природных процессах, включая и жизнь. Она обладает довольно большой плотностью, малой вязкостью, хорошей растворяющей способностью, высокой теплоемкостью и теплопроводностью, большой скрытой теплотой парообразования и плавления, молекулы воды имеют малые размеры. Вода является непременным участником фотосинтеза - единственного природного процесса, обеспечивающего жизнь на Земле. Она играет большую термостатирующую роль, являясь высокоподвижной, переносит громадное количество растворенных веществ, в том числе своим током обес-

- 25 -

печивает растения элементами питания.

Количественно влагооборот можно описать балансом влаги, т.е. равенством приходных, расходных составляющих влагооборота и изменения запасов. При составлении баланса влаги непременно нужно оговорить объем тела, для которого составляется баланс (озеро, объем почвы, бассейн подземных вод); указать временной интервал, для которого составляется баланс. Часто для общей характеристики влагооборота используют установившиеся среднесуточные показатели, тогда изменение запасов влаги с начала и до конца года можно не учитывать. А вот если, например, составлять баланс влаги за лето, то обязательно нужно учитывать разные запасы влаги на его начало и конец. Статьи водного баланса и его запасы измеряют для определенной территории в кубических метрах, иногда кубических километрах; для единицы площади - в миллиметрах слоя воды или в м³/га. Структура водного баланса зависит от степени открытости геосистемы, выраженности тех или иных составляющих влагооборота.

Наиболее простая структура водного баланса всей планеты Земля, которая не обменивается водой с окружающей Вселенной. Среднесуточный баланс здесь выглядит так: испарение с поверхности океанов и суши, составляющее 577 тыс. км³, равно атмосферным осадкам. С учетом площади поверх-

ности Земли слои осадков и испарения равны и составляют 1130 мм. Отметим, что суммарные запасы всех вод на Земле, равные 1,4 млрд. км³, гораздо больше вовлеченных в круговорот. Из всех запасов 96,5% - соленые воды океанов и морей. Запасов пресных вод на суше всего 35 млн. км³, из которых 2/3 сосредоточено в ледниках и снежном покрове Антарктиды и Арктики.

Водный баланс суши помимо осадков и испарения добавляется еще одной статьей - поверхностным и подземным стоком в мировой океан: осадки - 119 тыс. км³ или с учетом площади суши - 800 мм, испарение, соответственно, 72 тыс. км³ или 485 мм, сток - 47 тыс. км³ или 315 мм. Для мирового океана добавляется приток с суши и баланс выглядит так: осадки - 458 тыс. км³ или 1270 мм, испарение - 505 тыс. км³ или 1400 мм, приток с суши - 47 тыс. км³ или 130 мм. Структура водного баланса отдельных участков суши зависит от их широтного расположения и удаленности от океанов (степени континентальности). Составляющие среднемноголетнего водного баланса (мм/год) для некоторых ландшафтов равны:

Ландшафты	Осадки	Испарение	Сток
Тундровые восточноевропейские	500	200	300
Среднетаежные восточноевропейские	650	350	300
Южнотаежные восточноевропейские	675	400	275
Широколиственные западноевропейские	750	525	225
Широколиственные восточноевропейские	650	510	130
Лесостепные восточноевропейские	600	510	90
Лесостепные западносибирские	425	310	115
Степные восточноевропейские	550	480	70

- 26 -

Полупустынные казахстанские	250	245	5
Пустынные туранские	150	150	0
Субтропические влажные восточноазиатские	1600	800	800
Пустынные тропические североафриканские	10	10	0
Саванные типичные североафриканские	750	675	75
Саванные влажные североафриканские	1200	960	240
Влажные экваториальные центральноафриканские	1800	1200	600
Влажные экваториальные амазонские	2500	1250	1250

Обращает на себя внимание очень сильная вариация годовых сумм осадков по сравнению со средней для всей суши. Испарение во влажных холодных ландшафтах ограничивается недостатком тепла, а в засушливых - недостатком влаги. Помимо испарения используется понятие испаряемость - количество влаги, которое может испариться, исходя из тепловых ресурсов местности при неограниченном количестве осадков, идущих на увлажнение почвы. Орошение в засушливых районах существенно увеличивает испарение, доводя его до испаряемости.

Помимо общего водного баланса территории для понимания природных процессов и решения важных практических задач необходимо составлять частные балансы для поверхностных, почвенных, подземных безнапорных и напорных вод. Эти частные балансы позволяют оценить влагообмен между отдельными природными телами, что, например, нужно при описании передвижения загрязняющих веществ.

Влага, выпадающая на поверхность суши, идет частично на увлажнение листьев и испаряется с них, не доходя до поверхности почвы. При сильных осадках или при таянии снега часть воды не успевает впитаться и стекает в реки, доля поверхностного стока на влажных территориях может превышать половину суммы осадков. Впитавшаяся влага в основном расходуется на транспирацию растениями, которые используют очень много воды для производства единицы фитомассы: в среднем для естественного растительного покрова на 1 кг сухой фитомассы расходуется 400 кг воды. Сельскохозяйственные растения тратят еще больше воды: для производства 1 кг продукции, т.е. полезной фитомассы, зерновым культурам надо 900 - 1200 кг воды, овощам - 200 - 250 кг, картофелю - около 180 кг, хлопчатнику - 1500 - 2000 кг, а самой влаголюбивой культуре - рису, растущему под слоем воды - 3500 - 4500 кг воды.

Некоторая часть воды испаряется с поверхности почвы в зависимости от ее влажности и затененности растениями, оставшаяся часть просачивается вглубь, питая подземные воды, хотя на подтопленных территориях подземные воды за счет капиллярных сил могут подниматься вверх и потребляться корнями растений. В засушливых районах при высокой минерализации подземных вод это приводит к засолению земель.

Структура водного баланса в широколиственном лесу, расположенном на водораздельной территории, для среднего года выглядит примерно так:

осадки 750 мм,
 испарение с поверхности листьев 70 мм,
 поступает на поверхность почвы $750-70=680$ мм,
 поверхностный сток 140 мм,
 впитывается в почву $680-140=540$ мм,
 испарение с поверхности почвы 60 мм,
 транспирация деревьями 400 мм,
 просачивается вглубь $540-60-400=80$ мм.

Заметим, что с данной территории возвращается в атмосферу $70+60+400=530$ мм, т.е. существенно меньше, чем выпадает в виде осадков, следовательно, данная территория существует за счет постоянного притока воды извне.

Запишем частные балансы для поверхностных, почвенных, безнапорных и напорных подземных вод суши за некоторый промежуток времени, добавив искусственные, управляемые человеком статьи (орошение, дренаж):

$$\Delta W_{пов} = O_c - Ил - Ивн + Пнов - Снов - Vn + Op;$$

$$\Delta W_{почв} = Vn - In - Tp - g;$$

$$\Delta W_{гp} = g + \Phi_k + П_{гp} - C_{гp} + P - Дp;$$

$$\Delta W_{нп} = -P + П_n - C_{нп} - Дpн;$$

где $\Delta W_{пов}$, $\Delta W_{почв}$, $\Delta W_{гp}$, $\Delta W_{нп}$ - изменение запасов поверхностных, почвенных, подземных безнапорных и напорных вод, соответственно;

O_c - атмосферные осадки;

I_l , $I_{вп}$, I_n , T_p - испарение с листьев, с водной поверхности, с почвы, транспирация растениями, соответственно;

$П_{пов}$, $П_{гp}$, $П_n$, $С_{пов}$, $С_{гp}$, $С_{нп}$ - приток на балансовую территорию поверхностных, подземных безнапорных и напорных вод, а также отток этих вод с территории, соответственно;

V_n - впитывание влаги в почву;

g - просачивание (инфильтрация) части почвенной влаги в грунтовые воды; иногда это может быть и капиллярное подпитывание, т.е. с обратным знаком;

P - напорное подпитывание со стороны глубже залегающих напорных подземных вод, которое также может быть и с обратным знаком, т.е. разгрузка безнапорных вод в напорный пласт при соответствующем соотношении напоров в этих пластах, особенно когда идет откачка воды из напорного пласта.

Искусственные статьи баланса: O_p - подача воды на орошение; $Дp$ - отвод безнапорных вод дренажем; $Дpн$ - откачка напорных вод; Φ_k - питание грунтовых вод за счет фильтрации из каналов.

Человек также может регулировать приток и отток вод с территории. Таким образом, можно существенно изменять структуру водного баланса для повышения продуктивности территории, управлять потоками влаги при борьбе с загрязнением. Всегда надо иметь в виду, что статьи водного баланса взаимозависимы: например, изменение увлажненности территории путем орошения изменяет практически все другие статьи: испарение, инфильтрацию, поверхностный и подземный отток. Из этого следует одно важное обстоятельство: балансовые равенства надо дополнять уравнениями движения вод, позволяющими учесть указанную взаимозависимость.

Если сложить четыре приведенные балансовые равенства, то в них сократятся важные статьи: впитывание в почву, инфильтрация в грунтовые воды, взаимодействие между безнапорными и напорными подземными водами, что существенно обеднит анализ влагооборота.

Вместо балансовых равенств можно записывать уравнения баланса, в которых могут содержаться неизвестные трудноизмеряемые статьи, но при их вычислении надо иметь в виду, что неизвестная статья будет вычислена с ошибкой, равной сумме погрешностей измерения всех других статей и может превысить 100%.

Практически важно составление балансов поверхностных и подземных вод суши вместе с водами водотоков и водоемов - рек, водохранилищ, озер. В этом случае используют понятие речной бассейн, объединяющий водосборную площадь и реку со всеми ее притоками. Для такой территории в практическом плане составляют водохозяйственные балансы, где подробно распи-

сываются все естественные составляющие: осадки, испарение, сток, инфильтрацию, а также водозабор поверхностных и подземных вод для разных нужд, объем возвратных вод. Такие расчеты нужны при принятии решений о водораспределении, пополнении запасов, недопущении загрязнения при сбросе вод потребителями и др.

2.2. Энергетические потоки в геосистемах

Одной из главнейших составляющих функционирования природных и измененных человеком геосистем является обмен энергией и ее трансформация. Энергетические связи между компонентами геосистем реализуются в энергетических потоках путем передачи энергии и часто неразделимы с материальными, осуществляются одновременно с потоками воздуха, воды, твердых масс, с перемещением живых организмов.

Функционирование геосистем (круговорот веществ, почвообразование, деятельность живых организмов) невозможно без постоянного притока энергии. В отличие от веществ, непрерывно циркулирующих по разным компонентам геосистемы и которые могут многократно использоваться, вступать в круговорот, энергия может использоваться только один раз, т.е. имеет место однонаправленный поток энергии через геосистему, обусловленный действием фундаментальных законов термодинамики: сохранения энергии и энтропии, т.е. меры внутренней неупорядоченности системы. Первый закон термодинамики гласит, что энергия может превращаться из одной формы (например, света) в другую (например, в потенциальную энергию пищи или гумуса почвы), но не может быть создана или уничтожена.

Второй закон утверждает, что не может быть ни одного процесса, связанного с превращением энергии, без потерь некоторой ее части. Это означает, что самопроизвольное превращение энергии возможно только при ее переходе из концентрированной формы в рассеянную. Компоненты геосистем способны повышать степень своей внутренней упорядоченности за счет постоянного притока энергии извне, т.е. уменьшать свою энтропию, особенно это ярко проявляется в живых организмах, в росте плодородия почвы за счет накопления гумуса, при образовании органогенных горных пород (торфа, угля, сланцев, нефти, газов). Упорядоченность проявляется также в структурированности компонентов, например, в наличии четко выраженных слоев почвы, выполняющих разные функции.

Источники энергии на Земле разные: энергия Солнца, приток энергии из глубинных слоев Земли, энергия, выделяемая при фазовых переходах, при смачивании, экзотермических биохимических реакциях, но первый источник является главенствующим.

Рассмотрим трансформацию солнечной энергии вблизи поверхности Земли (радиационный баланс). Коротковолновая солнечная радиация J_k дает осредненный поток тепла у поверхности земли, примерно равный 2 кал/см²/мин на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам. Это колос-

сальное количество энергии. Поступление тепла непосредственно на деятельную поверхность (растительный покров и поверхность почвы) зависит от географического положения, времени года и часа суток, а также от рельефа (крутизны и экспозиции склона).

Растительный покров и почва отражают часть коротковолновой радиации J_{om} , отношение $J_{om}/J_k = \alpha_s$ называется альбедо и зависит от вида и окраски поверхности. Так, для снежного покрова альбедо составляет 0,88...0,91, для травяного покрова - 0,26, сухого серозема - 0,25...0,30, влажного серозема - 0,10...0,12, для влажного чернозема - 0,08. Следовательно, изменение вида и окраски поверхности существенно изменяет приток тепла в почву. С учетом альбедо в почву поступает поток тепла, вызванный коротковолновой радиацией, равный $J_n = J(1 - \alpha_s)$.

Почва, как всякое нагретое тело, излучает тепло в длинноволновой части спектра: $J_s = \beta\sigma\theta^4$ (здесь β - отношение излучения почвой к излучению абсолютно черным телом, примерно равное 0,90...0,95, σ - постоянная излучения абсолютно черным телом, θ - его абсолютная температура). На деятельную поверхность возвращается часть энергии, отраженной в длинноволновой части спектра приземными слоями атмосферы, облачным покровом J_a .

В сумме указанные потоки радиационного тепла образуют радиационный баланс деятельной поверхности:

$$R = J(1 - \alpha_s) - J_s + J_a$$

В суточном разрезе радиационный баланс достигает максимума в солнечный полдень, в течение года он сильно изменяется и зимой может становиться отрицательным. Этот радиационный поток энергии трансформируется в растительном покрове и в почвенном слое в тепловую, ее баланс имеет вид:

$$R - LE_c + B - P - Q - \Phi = C_n \Delta\theta;$$

где LE_c - затраты тепла на суммарное испарение E_c , включающее транспирацию растением и испарение с поверхности почвы, L - теплота парообразования; эта составляющая теплового баланса наиболее существенная, на нее приходится около 80...90 % радиационного баланса; B - приток тепла в почву из глубинных горизонтов, его направление может меняться в разные сезоны года; P - конвективный обмен теплом с приземным слоем атмосферы за счет нагревания воздуха у самой поверхности почвы и его передвижении вверх, направление этого потока тоже может меняться; Q - затраты энергии на почвообразовательные процессы: выветривание (измельчение) твердой фазы, на эндотермические процессы, перенос веществ по профилю и т.п.; Φ - затраты энергии на фотосинтез, составляющие не более 1% от радиационного баланса; $C_n \Delta\theta$ - изменение количества тепла в почве при ее нагревании за балансированный период на $\Delta\theta^\circ$, C_n - теплоемкость почвы.

Температура почвы зависит не только от количества поступающего или расходуемого тепла, но и от ее тепловых свойств - теплоемкости и теплопроводности. Теплоемкость - это количество тепла, необходимое на нагрева-

ние 1 г почвы (массовая теплоемкость) или 1 см³ (объемная теплоемкость) на 1°, она зависит от состава почвы – соотношения твердой, жидкой и газообразной фаз и от количества органического вещества. Так как теплоемкость воды наибольшая – 1 кал/г/град (минеральной части – 0,18, гумуса – 0,3, воздуха – 0,0003), то и теплоемкость почвы во многом определяется ее влажностью. Поэтому влажные почвы имеют более стабильный температурный режим, они несколько холоднее, чем сухие.

Анализируя тепловой баланс, можно наметить мероприятия по улучшению температурного режима почв, т.е. проводить тепловые мелиорации. К ним относятся: изменение структуры радиационного баланса (изменение отражающей способности с помощью покрытий – торф, песок, мел, синтетические пленки и т.п.), изменение тепловых свойств почвы – теплоемкости и теплопроводности (главным образом, путем регулирования влажности, а также добавлением в почву торфа, навоза, песка).

В некоторых случаях применяют прямой подогрев почвы термальными водами тепловых и атомных ТЭЦ вместо охлаждения воды в градирнях. Теплую воду пропускают через систему пластмассовых труб, уложенных в почву на глубину около 0,5 м. Такая система построена возле Курской АЭС, она не только ускоряет сроки созревания растений и повышает их урожай, но при этом уменьшается загрязнение атмосферы, возникающее при охлаждении воды в градирнях.

2.3. Геохимический круговорот веществ

Вещество литосферы мигрирует в виде растворов, а также в виде геохимически пассивных твердых продуктов денудации - обломочного материала, перемещающегося под действием силы тяжести - осыпи, оползни, с текущей водой - влекомые и взвешенные наносы, их особенно много в горных реках, в виде селей - грязекаменных потоков, с воздушными потоками - в виде пыли.

Величина твердого стока с водными потоками, или смыв, зависит от интенсивности поверхностного стока и от наличия растительности. Он особенно велик в лесостепной и степной зоне из-за сильной распашки. Так, за год в тайге он не превышает 5 - 10 т/км², а в лесостепи доходит до 150 т/км² вследствие сильной водной эрозии. Со стоком взвешенных наносов суша ежегодно теряет около 25 млрд. т вещества или слой около 0,07 мм.

Во многих районах значителен перенос твердого материала - пыли воздушными потоками (дефляция), интенсивность которой зависит от скорости воздушных масс, длительности ветров и, что очень важно, от защищенности поверхности растительным покровом. Одна пыльная буря в Казахстане выносит из распаханной почвы от 10 до 100 т/км², с песчаных пустынь - 5 - 10 т/км², с поверхности солончаков - до 1000 т/км². Ветровая эрозия наряду с водной - очень опасные природные процессы, которые часто и на больших площадях провоцируются человеком, что приносит большой вред, прежде всего из-за разрушения почвы, главного национального богатства каждой страны,

а также выводит из строя мелкую речную сеть, приводит к иссушению территории.

Воздушные потоки переносят не только химически инертную пыль, но и кристаллики солей, которые растворяются в атмосферной влаге, аэрозоли, молекулы и ионы. Поэтому в засушливых районах одной из причин засоления земель является принос солей ветром (импульверизация солей), которая может достигать 20...30 т/км² в год. Воздушные массы интенсивно распространяют на большие территории загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленными объектами. Одним из следствий этого являются кислотные дожди, т.е. появление в дождевых водах серной и соляной кислот, образующихся в атмосфере при сжигания топлива, богатого серой и другими веществами.

Помимо дефляции твердое вещество поступает в воздух в результате вулканической деятельности. Вулканический пепел после сильных извержений оказывает даже глобальный эффект. Из-за сильной запыленности воздуха меняется тепловой баланс атмосферы.

Геохимический круговорот растворенных в воде веществ тесно связан с влагооборотом. Масса растворенных веществ, выносимый мировым речным стоком, находится в пределах 2,5...5,5 млрд. т. По М.И. Львовичу, средний глобальный вынос реками составляет 20,7 тонн с одного км² в год, что при средней плотности растворимых горных пород около 2,5 т/м³ дает годовой слой вымыва (химическая денудация) 0,008 мм. Из-за более высокой минерализации подземных вод круговорот растворенных веществ в них также значителен. Особенностью этого круговорота является гораздо меньшая скорость движения подземных вод, измеряемая миллиметрами реже сантиметрами в сутки, тогда как скорость поверхностных потоков - порядка десятков сантиметров в секунду, т.е. в сто тысяч раз больше. Другой особенностью транспорта растворимых веществ подземными водами - это диффузия веществ, попутное растворение веществ, их переход в твердую фазу (кристаллизация) или сорбция твердой фазой грунта.

В подземных водах растворено очень много веществ, которые в повышенном количестве опасны для биоты. Вместе с тем сильная замедленность этого круговорота, наличие застойных бассейнов подземных вод - это благо для природы, которая тем самым исключает из интенсивного круговорота эти вещества, "захоранивает" их. Поэтому антропогенная интенсификация круговорота подземных вод путем их откачки или, наоборот, пополнения часто дает негативный экологический эффект - засоляются почвы, ухудшается качество речных вод.

В почвенных и подземных водах имеется большой набор растворенных веществ: биогенов, т.е. используемых растениями как элементы минерального питания (азот, фосфор, калий), токсичных для растений ионов (натрия, хлора, магния, гидрокарбонат-ион, сульфат-ион), ионов тяжелых металлов, радиоактивных веществ и многих других. Следует отметить, что прак-

тически все вещества нужны для растений, порог их токсичности зависит от их концентрации в растворах, некоторые вещества в избыточных количествах неблагоприятно влияют на свойства почвы. Повышенная концентрация веществ негативно сказывается на искусственных элементах, внедренных человеком в геосистему: коррозия трубопроводов, разрушение фундаментов. При мелиорации земель возникают проблемы засоления почв токсичными ионами, находящимися в больших количествах – натрия, хлора, магния, сульфат-ионов, гидрокарбонат-ионов, при утилизации сточных вод на полях орошения есть угроза загрязнения почв, растений, подземных и поверхностных вод соединениями азота (нитратами и аммонием), вблизи промышленных районов наблюдается загрязнение компонентов геосистем тяжелыми металлами, содержание которых хотя сравнительно невелико, но они очень токсичны для биоты. Передвижение этих веществ в почве и в подземных водах подчиняется общим законам, но имеется некоторая специфика, связанная с их токсичностью, взаимодействием с твердой фазой и биотой, трансформацией этих веществ. Отметим, что, так как главным носителем токсичных веществ в почве и в грунтах являются почвенные или подземные воды, то достоверное описание их поведения невозможно без аккуратного расчета количества воды в этих средах и скорости ее передвижения.

2.4. Биогеохимические барьеры

Биогеохимические барьеры - это компоненты или части компонентов геосистем, в которых на относительно коротком расстоянии в результате специфического сочетания механических, физико-химических, биологических процессов происходит избирательное накопление одних химических элементов и удаление других. В этих барьерах резко изменяются условия миграции веществ, что часто приводит к накоплению химических элементов. Наиболее значимые природные биогеохимические барьеры - это растительный покров, почва, толща водо-ненасыщенных горных пород, особенно мелкоземов, области застойного скопления подземных вод. Биогеохимические барьеры могут быть вертикальными или горизонтальными (латеральными), препятствующими, соответственно, вертикальным или горизонтальным потокам загрязняющих веществ. Человек может управлять биогеохимическими барьерами, усиливая или ослабляя их действие, создавать искусственные барьеры.

Природные биогеохимические барьеры обеспечивают, наряду с другими процессами, естественную самоочищаемость природы, так как в них происходит не только накопление, но и связывание до недоступных для биоты форм токсичных веществ, разрушение токсичных веществ, преобразование их в безвредные вещества.

Механизмы накопления, связывания и разрушения веществ очень разнообразны, но их объединяет общая закономерность: интенсивность этих процессов во многом зависит от обеспеченности территории теплом и влагой. При оптимальном сочетании тепла и влаги биогеохимические барьеры работают эффективней. Человек может в известных пределах регулировать тепло-

влагообеспеченность территорий путем мелиораций и, тем самым, повышать естественную самоочищаемость.

Естественный или искусственно созданный растительный покров является эффективным биогеохимическим барьером: прежде всего, это перехват воздушных потоков, содержащих пыль, аэрозоли, капельножидкие вещества. Токсичные вещества не только накапливаются на листовых пластинах, но и проникают в устьица, аккумулируясь в тканях листьев. Очищая воздух, особенно в городах и вдоль крупных магистралей, деревья накапливают вредные вещества в кронах. Так, в листьях городских деревьев в местах с интенсивными транспортными потоками (г. Москва) содержится цинка - свыше 500 мг/кг сухого вещества, свинца - 90, меди - 45, никеля - 10, хрома - 4, кадмия - 0,8 мг/кг. Осенью все эти вещества попадают на поверхность почвы, загрязняя ее. Количество токсичных веществ, попадающих на поверхность почвы можно подсчитать, зная массу опавших листьев на единицу поверхности, в городе это 0,1...0,2 кг/м². Во избежание загрязнения почвы, опавшие листья нужно собирать и складировать.

Вторая роль растений как биогеохимического барьера - это утилизация ряда веществ в процессе метаболизма (обмена веществ): например, хорошо развитый и интенсивно продуцирующий биомассу травянистый покров ежегодно потребляет азота 300...500 кг/га, фосфора (в форме P₂O₅) 60...120, калия (в форме K₂O) 300...600 кг/га, в меньших количествах - металлы, в том числе и тяжелые. Это свойство растений используется при утилизации сточных вод путем орошения. Известны растения, выносящие из почвы тяжелые металлы в повышенных количествах, их используют для очистки почвы.

Мощным биогеохимическим барьером является почва - активно функционирующее органоминеральное тело, в котором идут разнообразнейшие физико-химические и биологические процессы, в том числе присутствует широкая гамма микроорганизмов. Почвоведы одним из основных свойств, отличающих почву от инертной горной породы, называют поглотительную способность, умеют количественно оценивать емкость поглощения.

Почва способна задерживать или поглощать газы, растворенные вещества, минеральные или органические частицы и суспензии. Во многом поглотительная способность связана с высокодисперсной, главным образом, коллоидной частью почвы, имеющей большую удельную поверхность (суммарную поверхность всех частиц, составляющих единицу массы почвы).

Различают несколько видов поглотительной способности: механическую, физическую, физико-химическую, химическую и биологическую.

Механическая поглотительная способность выражается в том, что почва работает как фильтр, задерживая в своих мелких порах пыль, суспензии. Зависит она от размера пор, механического состава (песчаные или глинистые почвы), наличия микро- и макроагрегатов, наличия гумуса.

Физическая поглотительная способность (аполярная адсорбция) - свойство почвы поглощать из раствора молекулы электролитов, продукты гидролитического расщепления солей слабых кислот и сильных оснований, а

также коллоиды при их коагуляции (слипани). Аполярная адсорбция - это сгущение молекул на поверхности раздела фаз (твердой и жидкой или твердой и газообразной) благодаря наличию свободной энергии на поверхности твердых частиц почвы. При таком поглощении вещества удерживаются почвой от вымывания и уменьшается загрязнение подземных вод.

Физико-химическая или обменная поглотительная способность - свойство почвы обменивать некоторую часть катионов и в меньшей степени анионов твердой фазы на эквивалентное количество катионов или анионов из соприкасающихся растворов. Ионы из раствора переходят в слой компенсирующих ионов мицелл почвенных коллоидов и наоборот.

Химическая поглотительная способность проявляется при образовании нерастворимых или трудно растворимых соединений.

Биологическая поглотительная способность связана с жизнедеятельностью организмов почвы (главным образом микрофлоры), которые усваивают и закрепляют в своем теле различные вещества. При борьбе с загрязнением, при очистке почвы важно то, что микроорганизмы способны разрушать очень вредные вещества: нефтепродукты, поверхностно активные вещества, различные химикаты (гербициды, пестициды), другие токсичные органические и органоминеральные вещества.

Поглотительную способность почвы можно регулировать доступными агротехническими и мелиоративными приемами: внесением в почву органических удобрений для повышения количества гумуса - особого вещества, состоящего из органических остатков разной степени разложения и модификации; изменением химических свойств: уменьшение кислотности или щелочности; уменьшением степени засоления; регулированием количества влаги в почве (орошение или осушение). В настоящее время довольно широко применяются специальные сорбенты естественного или искусственного происхождения, вносимые в почву для очистки ее от тяжелых металлов, радионуклидов. Эффективным является обогащение микрофлоры почвы специальными бактериями, способными разлагать нефтепродукты и другие вредные вещества.

Очищающая способность почвы далеко не безгранична. Она может только до определенного предела защищать растения, подстилающие грунты и подземные воды от загрязнения. Поэтому, решая задачу защиты территорий от загрязнения, задачу очистки (восстановления, рекультивации), необходимо брать на вооружение и другие барьеры. Одним из них может быть гидрофизический барьер - регулирование направления и величины потоков влаги в неполностью- (зона аэрации) и полностью водонасыщенных горных породах. Например, уменьшая промываемость почвы и верхних горизонтов грунтов, можно в определенной степени защитить жизненно важные водоносные горизонты, или наоборот, усилить промываемость почв для их очистки. Для локализации области загрязнения, например, нефтепродуктами, гидрофизический барьер можно выполнить в виде системы нагнетательных и откачивающих скважин, позволяющих не допустить поток загрязненных подземных вод к

водотокам или к водозаборам. Очень эффективно совместное использование барьеров разной природы.

При мелиорации земель по сути дела регулируют действие биогеохимических барьеров, применяя глубокое рыхление плотных подпочвенных горизонтов, увеличение естественной дренированности, изменение скорости впитывания воды, противофильтрационные барьеры, разрушение гипсоносных или оглеенных горизонтов и т.п.

2.5. Биотический круговорот веществ

Важнейшей составляющей этого круговорота является продуцирование биомассы, в основе которого лежит процесс фотосинтеза, т.е. образования органического вещества из углекислого газа и воды с потреблением коротковолновой солнечной радиации определенного спектра. Зеленые растения используют для этих целей излучение в более узком диапазоне (0,4...0,7 мкм), чем видимый свет и которое называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР), составляющей около половины суммарной радиации. Хотя растения поглощают около 75% солнечной радиации, но на фотосинтез расходуется не более 1% (КПД ФАР у очень урожайных культурных растений доходит до 2...3%), подавляющая часть солнечной энергии тратится растениями на транспирацию.

Органическое вещество образуется в результате сложных биохимических реакций в присутствии определенных ферментов, при этом выделяется большое количество молекулярного кислорода. Органические вещества, по сути, аккумулируют солнечную энергию, которая выделяется при окислении органики в процессе ее разложения как продукта питания или при горении. Фотосинтез является основой жизни на Земле.

Около половины создаваемого при фотосинтезе вещества окисляется в самом растении до CO_2 (дыхание растений). Оставшаяся фитомасса включается в трофическую (питательную) цепь и потребляется животными (фитофагами), следующая трофическая ступень - поедание фитофагов зоофагами. При переходе с одного трофического уровня на другой соотношение биомасс уменьшается в 100...1000 раз.

После отмирания фитомасса разлагается животными-сапрофагами, бактериями, грибами, актиномицетами. В конечном итоге мертвые органические остатки минерализуются микроорганизмами до простейших минеральных соединений, которые в свою очередь являются пищей для растений. Основная среда или природное тело, где идут многие из указанных процессов - почва, которая создает условия для жизни многим организмам, накапливает продукты синтеза и разложения органики. Почва способна на некоторое время извлекать из круговорота продукты фотосинтеза в виде гумуса - сложного органоминерального вещества, активно участвующего в почвообразовании, придающего почве нужные свойства, аккумулирующего питательные вещества и, в конечном счете, формирующего плодородие почвы. Запасы гумуса наибольшие в ландшафтах, оптимально обеспеченных теплом и влагой. В России - это черно-

земные степи, где запасы гумуса достигают 600...1000 т/га, в почвах лесостепей и широколиственных лесов - около 300 т/га, в таежных подзолистых почвах - около 100 т/га.

Продуцирование биомассы связано с другими природными процессами такими показателями, как количество элементов питания, поглощаемое живыми организмами, закрепляемое в органике, возвращаемое в другие компоненты природы. Ежегодно в процессе фотосинтеза образуется 140...160 млрд. т биомассы, связывается 250...300 млрд. т CO₂, выделяется 180...200 млрд. т O₂, в продуктах фотосинтеза аккумулируется энергия, эквивалентная 50...60 млрд. т нефти при годовой ее добыче около 3 млрд. т.

Живые организмы потребляют также значительное количество других элементов - биогенов: N, K, Ca, Si, P, Mg, S, Fe, Al. Вынос биогенов культурными растениями измеряется десятками килограммов в год с 1 гектара. В малых дозах потребляются тяжелые металлы (микроэлементы): В, Cu, Mn, Zn, Mo, вынос которых исчисляется граммами и десятками граммов с гектара.

Живые организмы могут извлекать вещества из геологического круговорота, участвуя тем самым в процессах самоочищения природной среды (см. их роль как биогеохимических барьеров).

Биотический круговорот характеризуется запасами биомассы на единице площади и ее ежегодным приростом. Запасы биомассы зависят от вида растительности, в лесах ее гораздо больше, чем в степях, а прирост биомассы в большей степени зависит от степени тепло-влагообеспеченности:

Природные зоны	Фитомасса (т/га)	Ежегодный прирост (т/га)
Арктическая тундра	5	1
Лесотундра	25	3
Северная тайга	125	5
Южная тайга	300	8
Широколиственные леса	360	12
Луговые степи	17	19
Типичные степи	12	12
Сухие степи	6	5
Пустыни умеренных широт	4	1,2
Пустыни тропические	1,5	0,5
Влажные субтропические леса	450	24
Влажные экваториальные леса	500	35

Человек сильно изменяет растительный покров, вмешивается в биотический круговорот. Особенно это заметно на землях сельскохозяйственного назначения, где практически полностью уничтожена естественная растительность. Геосистемы с большой долей сельскохозяйственных земель называются агрогеосистемами (см. выше).

При мелиорации земель, очистке загрязненных территорий необходимо оценивать продуктивность (урожайность) растений, так как создание бла-

гоприятных условий для продуцирования биомассы является одной из главных задач природообустройства. Для этого используют модели продуктивности, реагирующие на изменение факторов и условий жизни растений. В настоящее время физиологами разрабатываются модели продуктивности, в которых описываются процессы фотосинтеза, дыхания растения, роста биомассы и развития репродуктивных органов. Однако такие модели еще не находят практического применения из-за слабой изученности количественных показателей. Поэтому применяют приближенные эмпирические зависимости конечной продуктивности от основных факторов жизни и развития растений: обеспеченности теплом, влагой, воздухом, в них учитывается снижение продуктивности в результате засоления и загрязнения почв. Эти зависимости основаны на законах земледелия, в частности, на законе незаменимости и равнозначности факторов, а также на законе оптимума, гласящего, что наибольшая продуктивность наблюдается, когда все факторы находятся в оптимальном диапазоне. Это позволяет применить мультипликативный вид зависимости продуктивности (урожайности) от ряда факторов:

$$U_{\phi} = U_0 K_{\omega} K_{\theta} K_n K_s K_z ;$$

где U_0 – потенциальная урожайность данной культуры при всех оптимальных условиях и агротехнике; U_{ϕ} – фактическая урожайность при неблагоприятных условиях; K_{ω} , K_{θ} , K_n , K_s , K_z – коэффициенты, учитывающие неоптимальное увлажнение почвы, обеспеченность теплом, питательными веществами, снижение урожайности из-за засоления и загрязнения почвы. Набор этих коэффициентов может быть увеличен.

2.6. Мониторинг и земельный кадастр

В соответствии с пятым принципом природообустройства - принципом адекватности воздействий - природообустройство должно базироваться на мониторинге его объектов.

Мониторинг – система повторных наблюдений за компонентами природы в пространстве и времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленными программами. Мониторинг проводится с целью обеспечения экологически безопасного и рационального использования природных ресурсов, своевременного оповещения населения о состоянии окружающей среды и создания информационной базы для оценки, прогнозов и управления техно-природными процессами по заранее разработанным программам.

Мониторингу, в отличие от других наблюдений за природой свойственны: комплексность (полнота); непрерывность; единство цели и задачи исследований; системность; достоверность; одновременность; оперативность (своевременность); информативность.

Мониторинг организуется как комплекс информационно-измерительных систем наблюдений на глобальном, национальном, региональном и локальном уровнях.

Глобальный мониторинг – это наблюдения за компонентами глобальной геосистемы, т. е. за всей планетой Земля. Основной задачей этого мониторинга является общепланетарный межгосударственный контроль за изменениями атмосферы, вызванные результатами антропогенной деятельности и природными катаклизмами.

Национальный мониторинг – это единая государственная система, объединяющая системы мониторинга отдельных природных сред, природных и техно-природных объектов. Он осуществляется различными ведомствами (министерствами). В состав национального мониторинга также входит мониторинг трансграничного переноса.

Региональный мониторинг – это система наблюдений за изменением природной среды в пределах ландшафта, ландшафтного района и области. Региональный мониторинг отслеживает последствия природопользования и техногенного загрязнения на больших территориях, он является подсистемой национального мониторинга и осуществляет комплексный контроль, оценку и прогноз состояния всех компонентов геосистемы на основе обработки информации локальных мониторингов.

Локальный мониторинг организуется для оценки и прогноза экологического состояния компонентов ландшафта, земель, территорий, включая населенные пункты, получения оперативной информации по отдельным природным и техно-природным объектам и разработки способов оздоровления окружающей среды в зоне проводимых наблюдений.

Специальный мониторинг создается на инженерно-мелиоративных и инженерно-экологических системах для контроля за состоянием почв, почвообразовательными процессам, локализованными источниками загрязнения и управления потоками вещества с целью повышения самоочищающей способности природных компонентов.

Сведения для различных уровней мониторинга получают с помощью дистанционного зондирования (съёмки с космических аппаратов, самолетов, зондов и других средств), наземных наблюдений (съёмки, исследования, изыскания, обследования, режимные наблюдения), с использованием фондовых данных.

Мониторинг земель является составной частью мониторинга геосистемы: атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы.

Объектом мониторинга являются все земли России, независимо от форм собственности, современного состояния, от цели и характера использования земель. Мониторинг земель состоит из подсистем, которые ведутся по видам земель: сельскохозяйственного назначения, земель населенных пунктов и др.

Мониторинг земель предполагает изучение следующих процессов:

- эволюционных (естественно - исторических);
- циклических (суточных, сезонных, годовых и других характерных периодов);
- антропогенных;
- связанных с чрезвычайными ситуациями (авариями, катастрофами, стихийными и экологическими бедствиями).

Задачами почвенного мониторинга являются оценка изменения плодородия почв, потери массы почвы вследствие эрозии, контроль химических свойств, контроль водного режима и динамики загрязняющих веществ, исследование микробиологических процессов и адекватной реакции растительного покрова на конкретные почвенные условия.

Вся информационная база мониторинга земель служит и для организации и ведения *земельного кадастра, который содержит систему необходимых сведений и документов о правовом режиме земель, их распределении по собственникам земли, землевладельцам, землепользователям и арендаторам, а также сведения о категории земель, данные об их качественных характеристиках и коммерческой ценности.*

Государственный земельный кадастр ведется в целях обеспечения рационального использования и охраны земель, защиты прав собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов, создания объективной основы для установления цены земли, земельного налога, арендной платы.

Учет земель ведется по собственникам земли с выделением мест проживания и хозяйственной деятельности малочисленных народов, участков особо охраняемых природных и историко-культурных объектов.

При ведении учета земель устанавливается их цена, выделяются все виды земель, из них нерационально используемые, деградированные, малопродуктивные, нарушенные, а также загрязненные тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, радиоактивными веществами, пестицидами и биологическими компонентами.

Глава 3. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.

Мелиорация земель является важной составляющей природообустройства. Человек занимается мелиорацией постоянно, как только перешел к оседлому образу жизни. *Мелиорация – это коренное изменение компонентов природы для повышения потребительской стоимости (полезности) земель.* В отличие от временных мероприятий по улучшению земель (расчистка поверхности, вспашка, удобрения и т. п.) мелиорация приводит к фундаментальному длительному изменению природных условий, сохраняющемуся десятки и сотни лет.

Так как мелиорация - это потребительская деятельность, то человек мелиорирует определенные территории, т.е. земли. *Земля – это территория с угодьями (пригодная для использования), находящаяся в чьем-то пользовании, владении или собственности.* Вместе с тем земля – это общенациональное достояние, богатство народов, на ней проживающих. Поэтому забота о земле, ее улучшение являются не только делом отдельных пользователей или владельцев, но и общегосударственным делом, что нашло свое отражение в Законе РФ «О мелиорации земель». Государство берет на себя обязательство координировать и контролировать работы по мелиорации, осуществляемые как за счет владельцев, так и за счет местных и федерального бюджетов.

Земли по своему назначению подразделяются на:

- 1) земли сельскохозяйственного назначения или сельскохозяйственные земли;
- 2) земли лесного фонда;
- 3) земли водного фонда;
- 4) земли населенных пунктов;
- 5) земли промышленности, транспорта, связи;
- 6) земли оздоровительного, рекреационного, историко-культурного, научного назначения;
- 7) земли обороны;
- 8) земли государственного резерва.

Исходя из этого, мелиорация земель подразделяется в зависимости от назначения земель: мелиорация сельскохозяйственных земель («сельскохозяйственная мелиорация» – выражение неудачное), мелиорация земель лесного, водного фондов, населенных пунктов и т.д.

Выше уже было сказано о том, что граница между природообустройством и природопользованием нечеткая. Поэтому с известной мерой условности можно считать, что *мелиорация - это такие устройства, сооружения, работы, которые не входят в обычную технологию природопользования, применяемую в данной природной зоне.* Например, борьба с ветровой или водной эрозией должна быть неременной составляющей технологии сельскохозяйственного производства в эрозионно-опасных зонах; то же можно сказать о снегозадержании на полях, глубоком рыхлении почвы, узкозагонной вспашке, и т.п. Эти мероприятия играют роль мелиорирующих, они называются агро-мелиоративными и довольно эффективны в сочетании с "чисто" мелиоративными, но по ряду причин, в том числе и организационных, их не надо относить к мелиорации.

Мелиорация существенно изменяет многие природные процессы, например мелиорация сельскохозяйственных земель сильно изменяет процесс почвообразования, в результате ее применения исчезают одни элементы почвообразования и появляются другие: оглеение, засоление, торфообразование. Мелиорация способна превратить азональные почвы (пойменные, болотные, засоленные) в зональные, а также существенно модифицировать зональное почвообразование. Аналогично такую же границу можно найти между мелиорацией и культурным использованием земель лесного и водного фонда, земель населенных пунктов, промышленности, рекреационного и другого назначения.

Мелиорация отличается от землепользования глубиной преобразования компонентов геосистем, *в результате мелиорации земля приобретает новое качество, т.е. новую ценностную характеристику функционального единства существенных ее свойств, новую внутреннюю и внешнюю определенность, относительную устойчивость, отличие ее от одних участков земли и сходство с другими.*

Мелиорация создает условия для более эффективного (продуктивного) использования земель без изменения их назначения, позволяет изменить их использование, улучшает социально-экономические условия жизни людей, окультуривает и оздоравливает большие территории, например, орошение степных районов Крыма изменило облик этого края, осушение Белорусского Полесья также преобразило эти бедные заболоченные земли.

Мелиорация имеет вполне конкретного заказчика, перед ней ставится вполне определенная цель, это очень дорогое мероприятие, сильно воздействующее на природу. Она призвана повысить, причем существенно, полезность некоторой территории. Поэтому в практическом плане надо говорить о мелиорации конкретных земель, а не о мелиорации ландшафта, геосистемы. Вместе с тем, мелиорируемые земли располагаются на геосистемах различного ранга и при осуществлении мелиорации надо следовать принципу целостности.

Второй уровень в классификации мелиораций определяется тем, какой из природных процессов или какую составляющую функционирования геосистемы нужно модифицировать, исходя из использования земель. Например, химические мелиорации сельскохозяйственных земель или водные мелиорации земель лесного фонда. Водные, химические, физические, тепловые мелиорации можно осуществить разными способами, обычно они дополняются культуртехническими, агролесомелиоративными мероприятиями. Современные мелиорации являются комплексными, т.е. зачастую необходимо проводить одновременно водные, химические, тепловые и другие мелиорации, которые в сумме дают больший эффект, чем раздельное их применение.

Эффективность мелиораций существенно зависит от интенсивности последующего природопользования, которое имеет определенную специфику на мелиорированных землях, так на сельскохозяйственных землях применяют особую систему земледелия: особые сорта, системы обработки и удобрения. Осушенные лесные угодья требуют особых приемов лесоводства.

При мелиорации земель надо, прежде всего, определиться с требованиями землепользователя к свойствам компонентов геосистемы: какими должны быть свойства почв при выращивании определенных растений, или грунтов - как оснований для сооружений, дорог, или свойства вод для водоснабжения или рыборазведения и т.д. При этом становится понятным главный объект мелиорации или предмет труда мелиоратора. При улучшении сельскохозяйственных земель - это почва, которая для земледельца выступает уже как средство производства, причем важнейшее. Отметим, что почва в отличие от других средств производства (машин, удобрений, средств борьбы с болезнями и вредителями, семян) обладает уникальным свойством - неизнашиваемостью. При соответствующем количестве и качестве вложенного в почву живого и овеществленного труда она способна сохранять и даже наращивать свою потребительскую стоимость, т.е. плодородие. Это обстоятельство формирует *главную цель мелиорации сельскохозяйственных земель - расширенное воспроизводство плодородия почвы*. Достижение этой цели, а не получение макси-

мального урожая любой ценой, в том числе и ценой истощения почвы, обеспечивает долговременные интересы землепользователя. Такая формулировка цели обеспечивает и устойчивость агрогеосистемы, так как плодородные почвы более устойчивы, следовательно, делает мелиорацию природосберегающей.

Очевидно, что человек не повышает плодородие почвы ради самого плодородия. Повышая его, человек заботится и о получении высокого урожая определенных культур, это также должно включаться в цель мелиорации. При этом надо иметь в виду, что требования растений и требования почвы не всегда совпадают, они могут вступать в противоречие. Например, растения всегда требуют довольно высокую влажность почвы, но для самой почвы повышенная влажность противопоказана, так как при этом повышается ее промываемость, ухудшается накопление гумуса и т.д. Возникает непростая проблема разрешения этого противоречия. Опыт оптимизации или согласования требований растений и почвы в смысле сохранения и повышения ее плодородия показывает, что надо ориентироваться на некоторое недополучение урожая по сравнению с наивысшим. Это не только повышает устойчивость агрогеосистемы, но и уменьшает потребность в ресурсах, в орошаемой земледелии - прежде всего уменьшение оросительных норм, следовательно, уменьшение нагрузки как на мелиорируемую геосистему, так и на прилегающие территории.

Технически мелиорация земель должна осуществляться при экономном расходовании всех ресурсов: материальных, в том числе и водных, энергетических, трудовых. Это не только выгодно экономически, но и важно для сохранения природы.

Наконец, мелиорация земель, как сильный природообразующий фактор, может приводить к негативным экологическим последствиям. Поэтому непременной составляющей работ по мелиорации земель является недопущение ущерба природным системам и другим землепользователям или компенсация этого ущерба, что требует дополнительных мероприятий, дополнительных затрат.

Заметим, что высказанные здесь соображения о цели мелиорации земель и об ограничениях при ее осуществлении вытекают из ранее высказанных принципов природообустройства.

Применительно к сельскохозяйственным землям можно сказать, что цель их мелиорации заключается в расширенном воспроизводстве плодородия почвы, получении оптимального урожая определенных сельскохозяйственных культур при экономном расходовании всех ресурсов, недопущении или компенсации ущерба природным системам и другим землепользователям.

При мелиорации земель другого назначения главная цель может меняться, но ограничения при ее выполнении все равно остаются.

3.1. Мелиоративные системы

Мелиорация земель – это сложные дорогостоящие ресурсо- и энергоемкие мероприятия, проводимые длительное время, для их осуществления

необходимо создание комплекса сложных инженерных сооружений и устройств, надежно функционирующих в разнообразных природных условиях, часто экстремальных, при переменных погодных условиях. Поэтому на мелиорированных землях строятся *инженерные мелиоративные системы, т. е. комплекс сооружений, устройств, машин и оборудования, предназначенных вместе с мероприятиями для регулирования показателей мелиоративного режима*. При создании инженерных мелиоративных систем необходимо руководствоваться изложенными выше принципами природообустройства.

Состав мелиоративной системы зависит от вида мелиорируемых земель, совокупности регулируемых показателей мелиоративного режима. В общем, мелиоративная система включает регулирующие элементы, непосредственно осуществляющие мелиоративные воздействия, проводящие и ограждающие элементы, источники привлекаемых ресурсов, например, воды, приемники технологических сбросов с мелиорируемой территории (дренажные воды, вредные вещества, наносы и т. п.). Помимо этого, в состав системы входят объекты энергетического обеспечения, дороги, сооружения; средства контроля, связи и управления, обеспечивающие обратную связь между управляющими воздействиями и управляемым объектом и мониторинг состояния мелиорируемой и прилегающей территории, а также природоохранные сооружения, производственные базы, служебные и жилые помещения службы эксплуатации и консультативной службы, осуществляющей постоянное взаимодействие между землепользователями и мелиораторами.

Мелиоративные системы в зависимости от их крупности, важности могут принадлежать отдельным землепользователям: фермеру, предприятию; группе землепользователей, могут быть муниципальными; крупные системы, имеющими важное значение для экономики, могут быть в собственности субъектов Российской Федерации или даже федеральными.

Мелиорируемые земли обслуживаются мелиоративной системой, но не входят в ее состав в смысле собственности.

Надежность мелиорации и ее эффективность во многом зависит не только от технического совершенства мелиоративной системы, но и от правильного ее функционирования, соблюдения технологических режимов, искусства управления ею в неопределенных погодных условиях. Это обстоятельство, требующее принятия решений в условиях неопределенности и сопряженное со значительным риском не только экономического ущерба, но и аварий и разрушений, значительно усложняет управление мелиоративной системой по сравнению с другими предприятиями, менее зависящими от внешних условий. Ошибки в управлении гидромелиоративной системой (оросительной или осушительной) могут привести к переувлажнению или иссушению земель, прорыву дамб или плотин, подтоплению земель и др.

Поэтому очень важна правильная научно обоснованная эксплуатация мелиоративных систем, прежде всего грамотное управление ею, основанное на мониторинге состояния земель, долгосрочном и краткосрочном прогнозе погодных условий. Этому может способствовать моделирование процессов на

мелиорируемых землях в режиме реального времени с помощью приведенных выше моделей, разработка вариантов сценария действия системы в зависимости от прогнозов и минимизация риска от принимаемых решений.

3.2. Мелиорация сельскохозяйственных земель

Мелиорация сельскохозяйственных земель – наиболее древняя и наиболее распространенная деятельность человека по обустройству природы. Ее необходимость объясняется недостатком земель, пригодных для интенсивного сельскохозяйственного использования из-за неблагоприятных природных условий и роста населения. Так, в мире площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель за последние 25 лет сократилась с 0,36 до 0,27 гектара на человека, на территории бывшего СССР – с 0,89 до 0,79 га/чел. В странах ЕЭС сейчас приходится около 0,2 га/чел. Для обеспечения человека питанием интенсифицируют сельскохозяйственное производство путем совершенствования агротехники, увеличения удобрений, усилением борьбы с болезнями, вредителями, сорняками, лучшей механизации работ и снижением потерь продукции при уборке и хранении. Эти мероприятия в известной степени являются опасными, так как они увеличивают антропогенную нагрузку на агрогеосистемы. Качественный скачок в урожайности дают селекция и семеноводство, а также мелиорация земель.

Мелиорированные земли в несколько раз продуктивнее немелиорированных. Так, в мире мелиорированные земли составляют 18% площади пашни, а дают до 50% продукции. В России мелиорированные земли составляют только 6,2% площади пашни, но дают около трети всей продукции, в том числе весь рис, 70% овощей, 25% кормов, 20% зерна кукурузы. В Нечерноземной зоне мелиорировано 9% пахотных земель, с них получают 15% продукции растениеводства, в том числе 70% овощей, 25% кормов, урожаи в 2...4 раза выше.

Кроме повышения среднемноголетней урожайности, мелиорация выручает в экстремальные годы - засушливые или очень влажные, что обеспечивает экономическую стабильность страны, она позволяет выращивать новые культуры, осваивать непригодные земли, повышая земельный ресурс страны. Мелиорация в крупных регионах, даже несмотря на ряд недостатков при ее выполнении (строго говоря, имеющих субъективные причины), преобразует их в обустроенные для человека края с новым образом жизни, занятости и благоустройством, так как при этом строят дороги, поселки, системы водоснабжения и др.

Вместе с тем, мелиорация сельскохозяйственных земель – это дорогое мероприятие, затраты на 1 гектар в зависимости от природных условий страны и степени технического совершенства мелиоративных систем находятся в пределах 4...20 тысяч долларов на 1 га, в нашей стране находятся на уровне 15...20 тыс. руб/га. Окупаемость таких затрат зависит от ценности выращиваемых культур и для овощей составляет 3...4 года, для зерновых – 10...12 лет.

3.3. Характеристика сельскохозяйственных земель страны

По оценке экспертов ООН наша страна отнесена к группе стран с пониженной биологической продуктивностью земель. Так, в Европе более низкая продуктивность земель имеется только в Норвегии и Финляндии, в США и Китае 1 гектар в среднем в 2 раза продуктивнее нашего, в Австралии - в 3, в Бразилии и Индии - в 4 раза выше. В основном, это объясняется географическим положением страны (север США лежит на широте Париж-Днепропетровск-Волгоград, а юг - в 200 км от тропиков). Значительная площадь России находится в зоне многолетней мерзлоты, низких температур, короткого лета, недостатка или избытка осадков, только около 10% площадей сельскохозяйственных угодий благоприятны для земледелия по климатическим, почвенным и гидрогеологическим условиям, а в США - 60%. Таким образом, большая часть сельхозугодий нашей страны нуждается в улучшениях.

Потребность в мелиорации зависит от зональных и аazonальных особенностей природных условий. Обычно орошают возвышенные выровненные пространства, естественная увлажненность которых характеризуется количеством тепла или радиационным балансом и количеством атмосферных осадков, на этих землях распространены зональные почвы. В осушении нуждаются, как правило, аazonальные природные объекты (фации), которые в силу своего высотного расположения получают дополнительное водное питание за счет притока со стороны зональных фаций, на них формируются аazonальные почвы: болотно-подзолистые, торфяные, пойменные. Засоленные земли также часто имеют аazonальный характер расположения.

Поэтому потребность в оросительных и осушительных мелиорациях оценивают по разному.

Природные зоны отличаются по климату, растительности и почвам. Растительная и почвенная зональность определяется количеством тепла и влаги. Зональные отличия определяются степенью сбалансированности тепловых и водных ресурсов и характеризуются гидротермическим коэффициентом, или "индексом сухости":

$$I = \frac{R}{LOc};$$

где R - радиационный баланс почвы, Oc - количество осадков, L - удельная теплота парообразования.

Типы почв и их свойства подчиняются гидротермической зональности. По степени сбалансированности тепловых и водных ресурсов выделяется несколько зон:

1) $I < 0.8$ - зона избыточного увлажнения (гумидная). Из-за недостатка тепла растительные остатки в почве перегнивают медленно, питательные вещества и гумус вымываются осадками, почвы бедны гумусом, $pH < 6$. Распространены почвы серые лесные, дерновые, подзолистые. Распашка почв увеличивает их тепловой баланс, что благоприятно для почвенных процессов. Приращение ра-

диационного баланса (ΔR) при распашке составляет 10...15%. Возвышенные территории благодаря оттоку избыточных вод не переувлажнены, но интенсивно промываются, в засушливые периоды некоторые культуры нуждаются в орошении. В пониженных местах формируются переувлажненные земли, нуждающиеся в осушении. Кислые почвы требуют известкования. Почти на всех землях нужны культуртехнические мероприятия, включающие: сведение мелколесья и кустарника, корчевку пней, срезку кочек, уборку камней, выравнивание поверхности земли, разделку дернины, внесение удобрений.

2) $I = 0.8 \dots 1.2$ - зона достаточного увлажнения. Сбалансированность тепла и влаги создала наилучшие условия почвообразования. Почвы зоны наиболее плодородные, с наилучшими характеристиками - это черноземы и каштановые, $pH = 6,5 \dots 7,5$. Распашка черноземов увеличивает радиационный баланс почв (ΔR) на 15...20%, следовательно, для восстановления сбалансированности тепла и влаги необходимо увлажнение почв. В этой зоне (лесостепная и степная) в отдельные годы и периоды наблюдаются засухи, снижающие урожаи, поэтому для получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур и улучшения процесса почвообразования применяется орошение. В результате распашки и орошения гидротермический коэффициент становится равным:

$$I = \frac{R + \Delta R}{L(Oc + Op)}$$

Орошение здесь должно быть лишь небольшим дополнением к естественным осадкам. В неблагоприятных гидрогеологических условиях может потребоваться осушение (дренаж для понижения уровня грунтовых вод). Местами могут проявляться процессы осолонцевания и засоления, тогда нужны химические мелиорации и промывки почв.

3) $I = 1,2 \dots 2,0$ - засушливая зона (сухостепная, полупустынная). При повышении температуры и недостатке влаги ускоряется процесс минерализации растительных остатков, снижается интенсивность накопления гумуса. Почвы светлокаштановые и сероземные, беднее гумусом, чем черноземы. Для улучшения процесса почвообразования и развития большинства сельскохозяйственных культур необходимо регулярное орошение. $pH > 7,5$, часто проявляются процессы осолонцевания и засоления почв. Основным видом мелиорации является регулярное орошение земель, часто требуются химические мелиорации и промывки засоленных земель.

4) $I > 2$ - острозасушливая (пустынная). Процесс минерализации растительных остатков идет почти без образования гумуса. Почвы пустынные бурые, серобурые, песчаные, большие пространства - без почв. Земледелие здесь невозможно без орошения. При орошении существенно улучшаются и процессы почвообразования. Для предотвращения засоления почв применяется промывной режим орошения, при котором на поля подается воды на 15...25% больше, чем требуется растениям, чтобы обеспечить вымыв вредных солей из почвы. На больших площадях требуется дренаж.

Приведенные характеристики земель различных природно-климатических зон страны показывают, что почти все сельскохозяйственные угодья требуют мелиоративного улучшения для повышения эффективности их использования.

В 1990 г. в СССР площадь мелиорированных земель составляла 41,2 млн. га, в том числе орошаемых – 23,2 млн. га, осушаемых – 18,0 млн. га, в России в это время – 11,2; 6,1 и 5,1 млн. га, соответственно.

Доля мелиорированных земель от общей площади сельскохозяйственных угодий в 1990 г. составляла: в РФ - 6,2%, на Украине - 9,5%, в Молдавии - 14,1%, в Армении - 24%, в Азербайджане - 33,3%, в Латвии - 83,4%, в Эстонии - 84,2%, в Литве - 89,1%.

В Российской Федерации находится 82,5% переувлажненных земель территории бывшего СССР. В настоящее время площадь сельскохозяйственных земель в РФ свыше 600 млн.га. На этих землях требуют орошения свыше 29 млн.га, осушения - свыше 25,6 млн.га, заросло кустарником и мелколесьем около 10 млн.га, засорено камнями 12 млн.га, подвержено эрозии свыше 60 млн.га, требуют известкования 75 млн.га, засолено свыше 15 млн.га, осолонцовано 24.3 млн.га.

Орошаемые сельскохозяйственные земли в мире составляют свыше 220 млн.га, осушаемые - более 200 млн.га.

Глава 4. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

4.1. Основные понятия о рекультивации земель

Рекультивация земель – составная часть природообустройства, заключается в восстановлении свойств компонентов природы и самих компонентов, нарушенных человеком в процессе природопользования, в результате функционирования техно-природных систем и другой антропогенной деятельности для последующего их использования и улучшения экологического состояния окружающей среды.

Объектами рекультивации являются нарушенные земли - территории, на которых нарушены, разрушены или полностью уничтожены компоненты природы: растительный и почвенный покров, грунты, подземные воды, местная гидрографическая сеть (ручьи, родники, малые реки, озера и т.д.), изменен рельеф местности. К нарушенным землям относятся также загрязненные земли, т.е. земли, на которых в компонентах природы произошло увеличение содержания веществ, вызывающее негативные токсико-экологические последствия для биоты.

По данным Государственного доклада «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1996 году» общая площадь нарушенных земель при добыче полезных ископаемых и геологоразведочных работ составила 697,6 тыс. га, нарушенных при торфоразработках – 300,5 тыс. га. На

1 января 1998 г. площадь нарушенных земель, относящихся к промышленному, транспортному и иному несельскохозяйственному использованию, превысила 1,2 млн. га.

Значительное место в общем объеме техногенных нарушений занимают земли, образованные в результате химического загрязнения растительного и почвенного покрова. В 1996 г. из 31,1 млн. га обследованных земель агрохимической службой Минсельхоза России тяжелыми металлами было загрязнено 1,4 млн. га, в 1997 г. из 29,5 млн. га загрязнено 1,0 млн. га. Загрязнение почв остаточным количеством пестицидов в 1997 г. составило около 5% пашни.

Одной из крупных экологических проблем России является загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами. По данным Госгортехнадзора в 1995 – 1997г.г. только на нефтяных месторождениях Западной Сибири произошло 40 тыс. аварий, что привело к разливу нефти на площади более 200 тыс. га. Основной причиной аварий является физический износ нефтяного оборудования и коррозия металла.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подвержены 3,5 млн. га сельскохозяйственных угодий, вклад предприятий по производству ядерного топлива в общую площадь радиоактивного загрязнения составляет 170 тыс. га.

Многие нарушенные земли, существующие до настоящего времени – это результат хозяйственной деятельности прошлых лет, отражающий как рост промышленного производства, так и уровень общественной ответственности за масштабы негативных последствий, вызванных антропогенной деятельностью.

В зависимости от антропогенных воздействий нарушенные земли образуются:

- в ходе добычи торфа: фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформовочные карьеры;
- в ходе добыче нерудных строительных материалов: карьеры песка, глины, песчано-гравийных материалов;
- в ходе производства открытых горных работ: карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы;
- в ходе производства подземных разработок: провалы, прогибы, шахтные отвалы (терриконы);
- в ходе функционирования урбанизированных территорий: золоотвалы, шлакоотвалы, шламонакопители, свалки твердых бытовых отходов (ТБО) и др.;
- в ходе проведения разведочных и изыскательских работ: участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровом, а также участки земель, загрязненные нефтью и нефтепродуктами;
- в ходе выполнения строительных и эксплуатационных работ: участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом, территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам, а также насыпи, кавальеры, отвалы, гидроотвалы и др.;

- в ходе технологических процессов при получении материалов, веществ, электрической энергии: земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами;
- в ходе сельскохозяйственного производства: земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, дефолиантов, сточными водами и удобрениями, а также засоленные, эродированные и малопродуктивные земли;
- в ходе военных действий, производства оружия и его основ: земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами.

Мировой опыт по рекультивации земель насчитывает всего около 75 лет. Первые работы по рекультивации земель были проведены в 1926 г. на участках, нарушенных горными работами (США, штат Индиана).

В СССР рекультивацию начали проводить с 1959 г.: в Эстонии при добыче сланцев, в России - при добыче бурого угля и на Украине - при добыче железных руд.

В России с 1971 по 1980 г.г. рекультивация была выполнена на площади 713 тыс. га, т.е. ежегодный объем рекультивационных работ составлял 71,3 тыс. га. Значительный рост рекультивационных работ был заложен в Государственной комплексной программе повышения плодородия почв России на 1992...1995 г.г., где предусматривалось ежегодно рекультивировать до 96 тыс. га. В 1995 г. объем выполненных работ составил 160,1 тыс. га, в 1996 г. – 79,9 тыс. га, в 1997 г. – 79,2 тыс. га.

В тоже время, наряду с имеющимся некоторым ростом объемов восстановительных работ по сравнению с 1980 г., рекультивация земель по-прежнему выполняется лишь на площади, составляющей от 2% до 25 % территории нарушенных земель.

Природные системы способны обеспечить естественную эволюционную трансформацию и самовосстановление нарушенных компонентов. Благодаря этому свойству техногенные субстраты, подвергаясь воздействию тепла, воды, ветра, растений, микроорганизмов постепенно трансформируются, разрушаются, связываются до недоступных для биоты форм. Интенсивность этого процесса определяется многими факторами, в зависимости от которых восстановление нарушенных земель, особенно в сложных условиях, может продолжаться в течение многих десятков и даже сотен лет.

Опыт природного восстановления необходимо учитывать при подборе видового состава растений на поверхности нарушенных земель. В связи с этим, рекультивация должна начинаться с изучения опыта природной эволюции нарушенных земель для поиска наиболее эффективных способов оптимизации измененных геосистем с целью превращения их в культурные ландшафты.

4.2. Этапы рекультивации земель

Комплекс рекультивационных работ представляет собой сложную многокомпонентную систему взаимосвязанных мероприятий, структурированных

по уровню решаемых задач и технологическому исполнению. Выделяют следующие этапы рекультивации:

- 1) подготовительный этап - включает инвестиционное обоснование мероприятий по рекультивации нарушенных земель и разработку рабочей документации;
- 2) технический этап - реализация инженерно-технической части проекта восстановления земель;
- 3) биологический этап, завершающий рекультивацию и включающий озеленение, лесное строительство, биологическую очистку почв, агромелиоративные и фиторекультивационные мероприятия, направленные на восстановление процессов почвообразования.

Продолжительность двух последних этапов условно называют рекультивационным периодом, который в зависимости от состояния нарушенных земель и их целевого использования может быть от одного до нескольких десятков лет. При решении сложных экологических задач, требующих постоянного контроля и управления потоками вещества в техно-природных геосистемах, продолжительность этого периода устанавливается сроками полного восстановления компонентов природы.

4.3. Подготовительный этап рекультивации

Разработка проектной документации на стадии инвестиционного обоснования или рабочего проекта осуществляется на основе задания на проектирование рекультивации нарушенных земель. Инвестиционное обоснование представляет собой вариантное исследование проектных решений с целью выбора из них оптимального, имеющего наилучшее сочетание коммерческой, социальной и экологической эффективности.

Рабочий проект - это регламентированный нормативами комплект проектной документации, подтвержденный положительным заключением экологической экспертизы.

Проектирование рекультивации на любой стадии начинается с анализа имеющихся проектов, при реализации которых произошли нарушения почв и растительного покрова, с анализа технологий предприятий и организаций как источников подобных нарушений. В случае недостатка информации для принятия конструктивных решений проводятся фрагментарные, а при необходимости комплексные изыскательские работы по всей нарушенной территории.

Выбор направления использования нарушенных земель тщательно обосновывается на основе материалов изысканий, прогнозов изменения природной среды и оценки пригодности земель для целей рекультивации.

После рекультивации земли используют для: сельского хозяйства, лесоводства, рыбоводства, в водохозяйственных, рекреационных и санитарно-эстетических нуждах.

При выборе направления использования рекультивированных земель предпочтение необходимо отдавать созданию сельскохозяйственных угодий, особенно в густонаселенных районах с благоприятными для этих целей условиями.

Рекультивация для улучшения санитарно-эстетических условий проводится на объектах, представляющих угрозу здоровью населения и экологическому состоянию природной среды.

В случае необходимости нарушенные земли могут консервироваться, а с появлением новых технологий, обеспечивающих их восстановление до нормативных требований, - использоваться в хозяйственных целях.

4.4. Технический этап рекультивации

Технические мероприятия по рекультивации нарушенных земель подразделяются на следующие виды:

- структурно-проектные: создание новых проектных поверхностей и форм рельефа (профилирование, террасирование, вертикальная планировка), землевание, торфование, кольматаж, создание экранов, удаление ненужной древесно-кустарниковой растительности, пней, камней, разделка кочек;
- химические: известкование, гипсование, кислование, внесение сорбентов, органических и минеральных удобрений;
- водные (гидротехнические): осушение, орошение, регулирование сроков затопления поверхностными водами;
- теплотехнические: мульчирование, грядование, обогрев, применение утеплителей.

Практически всегда на нарушенных землях необходима планировка и землевание. Планировку в зависимости от направления рекультивации, объемов и расстояния транспортировки почвенного слоя проводят по всей территории (сплошная) или по отдельным участкам (частичная), ее включают в состав работ по террасированию и выполаживанию откосов отвалов, карьерных выемок, кавальеров и насыпей.

Сплошная планировка (разравнивание) выполняется при подготовке земель к сельскохозяйственному использованию и созданию лесных массивов, частичная - при подготовке земель к озеленению, созданию защитных или лесных водо-охранных полос, при благоустройстве территорий для целей рекреации или для придания нарушенным землям эстетичного вида с многообразием форм микро- и мезорельефа.

Планировка насыпей проводится в два этапа: предварительная и окончательная через 2...3 года с обязательным засевом поверхности насыпи бобово-злаковыми травами в промежутках между этапами.

Землевание – это нанесение почвенного слоя на спланированную поверхность или внесение почвы (потенциально плодородных пород) в другую почву для улучшения водно-физических, агрохимических и тепловых свойств. В качестве потенциально плодородных пород используют супесчаные и суглинистые грунты. Землевание особенно необходимо при создании рекультивационного слоя на землях, непригодных по физическим или химическим свойствам для проведения биологической рекультивации.

В зависимости от площади и состояния нарушенных земель техническая рекультивация может ограничиваться двумя рассмотренными способами

или созданием крупных инженерных систем с необходимым набором элементов управления потоками вещества. Для земель сельскохозяйственного использования – это мелиоративные системы, для рыбохозяйственного использования – это могут быть прудовые системы, для лесохозяйственного использования – это лесомелиоративные системы, для загрязненных земель – инженерно-экологические системы и т.д. Эффективность таких систем зависит от уровня инженерного исполнения и технологии управления движением минеральных и органических веществ в компонентах природы.

4.5. Биологический этап рекультивации

Основными задачами биологической рекультивации является возобновление процесса почвообразования, повышение самоочищающей способности почвы и воспроизводство биоценозов. Биологическим этапом заканчивается формирование культурного ландшафта на нарушенных землях.

Организационно биологическая рекультивация проводится в две стадии. На первой выращиваются пионерные (предварительные, авангардные) культуры, умеющие адаптироваться к существующим условиям и обладающие высокой восстановительной способностью. На второй переходят к целевому использованию. Земли, загрязненные тяжелыми металлами, органическими веществами или продуктами промышленной переработки, на первой стадии подвергают очистке с помощью сорбентов, растений или микроорганизмов (биодеструкторов), а затем включают в хозяйственное использование под жестким контролем со стороны санитарно - эпидемиологических служб.

Для разработки эффективных способов биологической рекультивации большое значение имеет изучение процессов эволюции растительного покрова в различных природных зонах и техногенных условиях. Формирование растительного покрова на отвалах вскрышных пород идет очень медленно – от 5 до 10...15 лет из-за сложного изменяющегося во времени рельефа поверхности отвала, бедности горных пород питательными веществами, неустойчивости водного и теплового режимов.

На выработанных торфяных карьерах при достаточном количестве влаги и питательных веществ растительность появляется уже в первый год. Вначале появляются редкие растения: мать-и-мачеха, овсяница, зеленый мох, крапива, осока. Через 2...3 года образуется сплошной травяной покров: овсяница, крапива, осока, череда, тростник, хвощ, ситник, гусятная лапка, кислица. Через 5...6 лет поселяются древесно-кустарниковые: ольха черная, ива, калина, лоза, ольха серая, клен, береза, осина, тополь.

Заращение нарушенных земель создает в молодых почвах запас органических веществ, который в результате биохимических процессов улучшает питательный режим этих почв и способствует образованию устойчивого растительного покрова.

Скорость почвообразования и формирование почвенных горизонтов зависят от свойств почвообразующих пород, их водного и теплового режимов, рельефа, природно-климатических условий данного района, от видового со-

става растительности и продолжительности природного восстановления земель.

Отвалы и насыпи вскрышных пород быстрее зарастают с северной и северо-западной стороны, поскольку здесь наблюдаются устойчивый водный и тепловой режимы. Южные склоны, испытывающие наибольшие перепады температур и значительную эрозию, покрываются растительностью лишь в нижних частях склона, где накапливается смытый мелкозем.

Интенсивное накопление гумуса на нарушенных землях наблюдается в период от 5 до 20 лет, далее скорость почвообразования снижается, что обуславливается устойчивостью биогеохимических процессов под определенными сообществами растений.

На нарушенных землях, особенно в тех местах, где целевое использование затруднено в силу организационных, технологических, социальных и природно-климатических условий, необходимо стремиться, прежде всего, к стимулированию растительного покрова. Для этой цели можно использовать приуроченность отдельных видов растений к определенным типам и свойствам почв, грунтов и горных пород. Такие растения выявляются в ходе ботанического и видового анализа растительных образцов, взятых на нарушенных землях, и могут быть рекомендованы в качестве пионерных (предварительных, авангардных) культур.

На землях, где проведение технической рекультивации затруднено, или возможно повторное их использование (например: повторное использование отвалов, содержащих породы с малой концентрацией редких металлов) создают растительный покров разбрасыванием дражированных семян травосмесей и кустарников. Семена растений с учетом их приуроченности к горным породам разбрасывают самолетом ранней весной вместе с небольшими дозами минеральных удобрений.

Если нарушенные земли предназначены для сельскохозяйственного использования, то общий состав работ биологической рекультивации должен быть следующим:

- планировка поверхности земли и нанесение на нее почвенного слоя, особенно на субстраты, содержащие малопригодные породы (заключительные работы технической рекультивации);
- выращивание пионерных культур (однолетних или многолетних) для активизации процессов почвообразования;
- введение специальных севооборотов для восстановления и формирования почвенного слоя;
- применение приемов почвозащитного земледелия для повышения плодородия почвы и ее устойчивости против эрозии и дефляции;
- мониторинг почв природоохранными и санитарно-эпидемиологическими службами.

По исследованиям кафедры мелиорации и рекультивации земель МГУП выращивание викоовсяной смеси на пойменных луговых почвах, загрязненных нефтепродуктами, ускоряет процесс разложения углеводов.

Как показывает опыт, наилучшими пионерными культурами при проведении сельскохозяйственной рекультивации являются бобовые и бобово-злаковые травосмеси, обладающие высокой фиторекультивационной способностью по сравнению с другими растениями.

В формировании молодых почв при проведении рекультивации для лесохозяйственных целей в качестве пионерных используют бобовые, бобово-злаковые травы, кустарники и некоторые породы деревьев. Из древесно-кустарниковой растительности наибольшее распространение в качестве пионерных имеют: акация белая, лох узколистный, облепиха, акация желтая, смородина золотистая, береза бородавчатая, ива, ольха, тополь, черемуха.

Наиболее эффективным приемом биологической рекультивации на нарушенных землях является создание многовидового растительного покрова с участием многолетних трав и устойчивых пород кустарников и деревьев. При такой многоярусной структуре нарушенные земли хорошо защищены от эрозии и дефляции, а благодаря листовому опадению и корневым системам получают большой прирост органических веществ.

На землях, загрязненных техногенными продуктами, главной задачей биологической рекультивации является повышение самоочищающей способности почвы. Решение этой задачи возможно с помощью совместного функционирования технических и биологических систем, оперирующих широким набором мероприятий, в том числе с использованием специально выращенных микроорганизмов.

Рекультивация (очистка) почв от техногенных продуктов с помощью микроорганизмов основана на деструктировании (разложении) этих продуктов. На практике этот способ применяется для очистки почв, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и пестицидами. Технология биодеструктирования включает создание благоприятных водно-воздушных, тепловых и питательных условий микроорганизмам и регулярного контроля численности применяемой популяции. Поэтому эффективность такого вида рекультивации зависит от управляемости регулирующих факторов и качества штаммов.

4.6. Рекультивация загрязненных земель

Химическое загрязнение геосистем и принципы рекультивации загрязненных земель. Загрязнение по своей сущности будь то природное или антропогенное – это внедрение (инъекция) различных веществ в абиотические и биотические компоненты геосистемы, обуславливающая негативные токсико-экологические последствия для биоты. При изучении процессов загрязнения и их описания необходимо опираться на знания о свойствах геосистемы, межкомпонентных связях и экологических законах.

Можно считать, что геосистемы становятся загрязненными, когда накопление в них загрязняющих веществ, а также формы их нахождения приводят к следующим процессам:

- нарушение газовых, концентрационных, окислительно-восстановительных функций биоты, вызывающих утрату ее геохимического самоочищения;

- изменение биохимического состава продукции биоты, вызывающее нарушение жизненных функций цепей в данной геосистеме и за ее пределами при отчуждении биологической продукции;
- снижение биологической продуктивности геосистемы;
- уменьшение информативности геосистемы, т.е. разрушение генофонда, необходимого для ее существования.

Загрязнение может вызываться природными процессами, но часто - это результат деятельности человека. Антропогенное загрязнение почв можно разделить на коммунальное, сельскохозяйственное, промышленное и военное.

Коммунальное загрязнение связано с функционированием населенных пунктов, при котором в природную среду сбрасываются продукты жизни и деятельности людей в местах их поселения: сточные воды, бытовые отходы, мусор и т.п.

Сельскохозяйственное загрязнение возникает на больших территориях как следствие применения средств борьбы с болезнями и вредителями культурных растений, с сорной растительностью (пестициды, инсектициды, гербициды), при внесении повышенных доз минеральных и органических удобрений. Сюда же можно отнести загрязнение при использовании для орошения сточных вод, в том числе и промышленных, с удобрительной и увлажнительной целью и при использовании для полива вод с повышенной минерализацией.

Промышленное загрязнение на больших территориях возникает при попадании в почву через атмосферу или с дождем и снегом паров, аэрозолей, пыли или растворенных поллютантов. Локальное загрязнение возникает в местах хранения отвалов, отходов и т.п.

Военное загрязнение возникает при ведении боевых действий, маневров, испытании боевой техники.

Объектами загрязнения могут быть все компоненты геосистемы, но основное внимание нужно уделять загрязнению почв по следующим причинам:

- почва, являясь по определению В.В. Докучаева наружной оболочкой суши, в первую очередь воспринимает удар от многих загрязнителей, аккумулирует большой объем загрязняющих веществ;
- загрязненная почва, будучи средой обитания сельскохозяйственных растений, предопределяет возможность нарушения их жизнедеятельности и другие, связанные с этим последствия;
- почва, как активно действующее органоминеральное тело, способна значительно трансформировать загрязняющие вещества, связывать их в неподвижные формы и даже разрушать;
- почва, трансформируя потоки влаги и содержащих в ней веществ, регулирует в известных пределах загрязнение подстилающих горных пород, подземных и связанных с ними поверхностных вод, т.е. выполняет природоохранную функцию.

Для правильного понимания процессов загрязнения компонентов геосистем, выработки способов их рекультивации полезно использовать теорию

биогеохимических барьеров, объективно существующих в природе и создаваемых человеком (см. 2.4).

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами. Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит к образованию кислой или щелочной реакции почвенной среды, снижению обменной емкости катионов, потери питательных веществ, к изменению плотности, пористости, отражательной способности, к развитию эрозии, дефляции, к сокращению видового состава растительности, ее угнетению или к полной гибели.

Прежде, чем начать рекультивацию таких земель необходимо установить источник и причины загрязнения, провести мероприятия по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения. Только при таких условиях может быть достигнута высокая эффективность рекультивационных работ.

Ориентиром для разработки состава работ по рекультивации земель в первую очередь служит приоритетное вещество, вызывающее ухудшение экологического состояния почв и качество сельскохозяйственной продукции, а ожидаемая подвижность других опасных веществ должна регулироваться специальными или комплексными мероприятиями.

Рекультивация земель, загрязненных тяжелыми металлами, осуществляется с использованием следующих способов:

1) Культивирование устойчивых к загрязнению культурных и дикорастущих растений. На загрязненных землях сельскохозяйственного назначения проводится реорганизация и переориентация сельскохозяйственного производства за счет введения новой структуры растениеводства, переходят к выращиванию культур, не идущих напрямую в пищу человека.

2) Рекультивация почв с помощью растений (фиторекультивация), способных накапливать тяжелые металлы в вегетативных органах. Установлено, что дерево за вегетационный период вдоль автомобильной дороги способно накапливать в себе количество свинца, равное его содержанию в 130 кг бензина, поэтому в населенных пунктах с загрязненными районами листовой опад целесообразно собирать и утилизировать. Для очистки почв от цинка, свинца и кадмия необходимо выращивать большой горец, от свинца и хрома – горчицу, от никеля - гречиху и т.д., при загрязнение радиоактивными изотопами можно использовать вику, горох, люцерну, махорку.

3) Регулирование подвижности тяжелых металлов в почве. Поглощение тяжелых металлов растениями зависит от содержания их подвижных форм в почве. Существование подвижных форм определяется свойствами и плодородием почв, биогеохимическими процессами, интенсивностью и объемами поступления тяжелых металлов в почву, выносом растениями. Поведение тяжелых металлов в почве и способы управления их содержанием вытекают из теории геохимических барьеров, а рекультивация загрязненных почв сводится к созданию дополнительных барьеров, управлению существующими барьерами или к ослаблению некоторых из них.

Почвы, тяжелые по механическому составу и имеющие высокое плодородие, содержат меньше подвижных форм тяжелых металлов, чем почвы легкие и малопродуктивные. Многие из металлов, относящиеся к первому классу опасности, в нейтральной почвенной среде образуют трудно растворимые соединения, а в кислой – легко растворимые. Кадмий наиболее подвижен в кислой среде и слабо подвижен в нейтральной и щелочной среде. К подвижным в кислой среде относятся химические соединения, содержащие катионы Zn, Cu, Pb, Cd, Sr, Mn, Ni, Co. К подвижным в нейтральной и щелочной среде – Mo, Cr, As, V, Se.

Для регулирования подвижности соединений тяжелых металлов в почве используют известкование, гипсование, внесение органических и минеральных удобрений, землевание (внесение глины или песка).

При рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, значительное внимание уделяется поддержанию и образованию в почве трудно растворимых соединений. Для этого в дополнение к приведенным способам используют искусственные и природные адсорбенты. К природным относятся торф, мох, черноземные почвы, сапропель (озерный ил), бентонитовые глины, глауконитовые пески, клиноптилолиты, опоки, трепелы, диатомиты. Искусственные адсорбенты создаются в результате активации или смешения природных адсорбентов, например, активированный уголь, алюмосиликатные и железо-алюмосиликатные адсорбенты, углеалюмогели, ионообменные смолы, полистирол.

4) Регулирование соотношений химических элементов в почве. В основе этого способа лежит антагонизм и синергизм химических элементов, т.е. когда один элемент препятствует или способствует поступлению другого в растение, например, цинк препятствует поступлению ртути, а избыток фосфора приводит к снижению токсичности цинка, кадмия, свинца и меди, присутствие кальция может создать для одних металлов антагонистические, а для других синергические условия, в плодородной почве цинк и кадмий противостоят закреплению меди и свинца, а в малопродуктивной почве процесс может развиваться в обратном направлении.

5) Создание рекультивационного слоя, замена или разбавление загрязненного слоя почвы может проводиться по многослойной схеме, а также путем нанесения одного слоя почвы на предварительно экранированную или неэкранированную загрязненную поверхность. Разбавление загрязненного слоя проводится землеванием чистой почвы с последующим смешением, разбавление может также проводиться с помощью глубокой вспашки, когда верхний загрязненный слой перемешивается с чистым нижним слоем. Применяют снятие загрязненного слоя и его переработку, или снятие загрязненной почвы с последующей очисткой и возвращением обратно, но обычно такие операции проводят на небольших участках, они являются дорогостоящим способом рекультивации.

Для рекультивации больших территорий, включающих селитебные и рекреационные зоны населенных пунктов, сельскохозяйственные угодий, ис-

пытающиеся длительное загрязнение, можно применить следующую комплексную схему:

- существенное сокращение выбросов предприятиями (технологический барьер);

- строгое дозирование химических средств защиты растений, оптимальное регулирование питательного и кислотного режимов почвы (технологический барьер);

- управление водными миграционными потоками за счет организации поверхностного стока, создания ливневой канализации, дренажных с последующей очисткой стоков (механический барьер).

- усиление сорбционного барьера почвенного слоя, необходимого для существенного уменьшения количества подвижных соединений тяжелых металлов, которые поступают в растения и загрязняют продукцию, в тоже время общее количество металлов в почве может не только не уменьшаться, но даже расти за счет уменьшения подвижности.

- дополнительно к этому - минимизация инфильтрационной составляющей водного режима почвенного слоя в условиях полива зеленых насаждений, газонов, огородных, сельскохозяйственных и других культур, т.е. выполнение мероприятий, направленных, с одной стороны, на некоторое ослабление гидрофизического барьера, но с другой - необходимых для закрепления эффекта от усиления сорбционного барьера.

Рекультивация земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Состав работ зависит от степени загрязнения. При незначительном загрязнении активизируют деятельность почвенных микроорганизмов по деструкции углеводов. Сюда входит рыхление почвы, внесение извести, гипса, высоких доз органических и минеральных удобрений с последующей заправкой, создание мульчированной поверхности из высоко питательных смесей, посев повышенными нормами нефтетолерантных растений; возможны варианты применения сложных комплексов: NPK + навоз; NPK + известь; NPK + известь + навоз. Высевают устойчивые кормовые растения, использование которых должно строго контролироваться, поскольку в них могут накапливаться такие канцерогены, как полициклические ароматические углеводороды.

При сильном загрязнении сооружают инженерно-экологические системы. Создание таких системы обусловлено высокой подвижностью нефтепродуктов в компонентах геосистем, особенно при длительном загрязнении почв, и образованием больших ареалов свободных и связанных нефтепродуктов на границе раздела зоны аэрации и подземных вод. Подобные антропогенные залежи нефтепродуктов формируются вблизи складов топливно-смазочных материалов, нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов. Они вызывает опасность загрязнения не только почв но и подземных и поверхностных вод. Поэтому задачами инженерно-экологической системы являются удаление подвижных нефтепродуктов, рекультивация почв, защита рек и водозаборов от

загрязнения нефтепродуктами с одновременной локализацией очагов загрязнения.

Такие системы в течение длительного периода (в течение нескольких десятков лет) предотвращают распространение неизвлекаемой части нефтепродуктов из залежи в городские водозаборы и в реки, регулируют концентрацию легких углеводородов в зоне аэрации и снижают пожарную опасность, обеспечивают на основе экологического мониторинга управление гидрохимическими и биологическими режимами почв, грунтов подземных и поверхностных вод.

В состав инженерно-экологических систем входят дамбы обвалования, стена в грунте, нагнетательные скважины, горизонтальный и вертикальный дренаж, добывающие скважины, а также мероприятия по технической и биологической рекультивации загрязненных земель.

Дамбы обвалования и мероприятия по организации поверхностного стока предназначены для защиты загрязненной территории от затопления во время паводка и предотвращения поверхностного смыва нефтепродуктов, аккумулярованный поверхностный сток должен направляться после предварительного биодеструктирования и доочистки в водооборотные системы промышленных предприятий.

Стена в грунте, представляющая собой противофильтрационную завесу и устраиваемая по контуру нефтяной залежи; локализует область загрязнения. Нагнетательные скважины обеспечивают подъем и вытеснение подвижных нефтепродуктов к добывающим скважинам, которые в пределах контура нефтяной залежи откачивают нефтепродукты и загрязненные подземные воды с последующей очисткой.

После удаления подвижных нефтепродуктов проводят доочистку почв. При этом используют различные биодеструкторы, для которых создают оптимальный водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы, применяя орошение, осушение, вносят органические и минеральные удобрения. Осуществляют постоянный контроль за уровнем загрязнения и за качеством сельскохозяйственной продукции.

Почвы с очень высоким уровнем загрязнения, замазученные направляются на переработку с целью добычи извлекаемой части нефтепродуктов, после чего их рекультивируют в стационарных или полевых условиях.

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Глава 1. ПРИНЦИПЫ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА.....	4
1.1. Понятие “природообустройство”.....	4
1.2. Общие принципы природообустройства.....	7
1.3. Геосистемы (ландшафты) как объекты природообустройства.....	9
1.4. Техногенные воздействия на геосистемы. Природно-техногенные комплексы.....	13
1.5. Общие подходы к созданию культурных ландшафтов.....	20
Глава 2. КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ.....	25
2.1. Круговорот воды в природе.....	25
2.2. Энергетические потоки в геосистемах.....	29
2.3. Геохимический круговорот веществ.....	32
2.4. Биогеохимические барьеры.....	34
2.5. Биотический круговорот веществ.....	36
2.6. Мониторинг и земельный кадастр.....	39
Глава 3. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.....	41
3.1. Мелиоративные системы.....	44
3.2. Мелиорация сельскохозяйственных земель.....	46
3.3. Характеристика сельскохозяйственных земель страны.....	47
Глава 4. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ.....	49
4.1. Основные понятия о рекультивации земель.....	49
4.2. Этапы рекультивации земель.....	52
4.3. Подготовительный этап рекультивации.....	52
4.4. Технический этап рекультивации.....	53
4.5. Биологический этап рекультивации.....	54
4.6. Рекультивация загрязненных земель.....	56

Подписано в печать 15.03.21.
Электронное издание

Издательство Современного технического университета

390048, г. Рязань, ул. Новоселов, 35А.

(4912) 300630, 30 08 30