Д. Л. АРМАНД

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ

Д. Л. АРМАНД

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

4029

ИЗДАТЕЛЬСТВО "НАУКА"
Москва 1983

Библиотека АН Арм.ССР

УДК 502.4

А р м а н д Д.Л. Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. М.: Наука, 1983.

В книгу включены статьи Д.Л. Арманда, посвященные вопросам рационального использования природных ресурсов, борьбы с эрозией почв, охраны биосферы и взаимосвязи человека с географической средой, а также статьи по теоретическим аспектам современной физической географии, в которых автор формулирует свои представления о физике ландшафтов и о роли радиационных рубежей при физико-географическом районировании. Многие из статей публикуются впервые.

Для географов, биологов, экологов, климатологов.

Табл. 8, ил. 36, библиогр.: с. 232–237 (188 назв.).

Ответственный редактор
доктор географических наук
Э.М. МУРЗАЕВ

$A\frac{1603000000-532}{042(02)-83}$ 112-83-IV

©Издательство "Наука", 1983 г.

ОТ РЕДАКТОРА

Автор этой книги – один из ведущих советских географов, научная деятельность которого оставила глубокий след в науке. Человек большой эрудиции, широких научных и общественных интересов, Давид Львович Арманд занимался вопросами теории географии, в частности ландшафтоведения, и много сделал для внедрения географии в народное хозяйство. Он упорно искал эффективные методы борьбы с эрозией, охраны природы, рационального использования природных ресурсов. Предлагаемая вниманию читателей книга в какой-то мере отражает вклад ученого в разработку теоретических, а также прикладных вопросов советской географии.

Конечно, из большого научного наследия Д.Л. Арманда непросто было выбрать наиболее важные и поныне актуальные труды. В таком отборе приняли участие специалисты, хорошо знавшие автора, его публикации и рукописный фонд. Труд же по рецензированию и подготовке к печати отдельных разделов книги взяли на себя К.В. Зворыкин (статьи о рациональном природопользовании), Н.И. Маккавеев (статьи, посвященные эрозии и дефляции), Ю.К. Ефремов (статьи по вопросам охраны природы), С.В. Зонн (материалы по проектированию защитных лесных полос) и Г.Д. Рихтер (статьи, посвященные методическим и теоретическим вопросам). Всем им сердечное спасибо за оказанную помощь и внимание.

Актуальность публикуемых трудов Д.Л. Арманда не вызывает сомнений. Темы первых семи статей непосредственно отвечают задаче активной помощи географии и географов народному хозяйству. Много лет Д.Л. Арманд настойчиво занимался изучением сложных и противоречивых вопросов использования и охраны природных ресурсов. Из большого числа его публикаций на эту тему в настоящую книгу включены только избранные, наиболее ярко показывающие творческие достижения автора в решении этих вопросов, которые сохраняют свое значение до наших дней.

В число последующих статей, посвященных теоретическим и методическим вопросам, включена работа по ландшафтоведению. Это не случайно: проблемам ландшафтной географии Д.Л. Арманд всегда уделял большое внимание. В 1975 г. вышла его монография "Наука о ландшафте", в которой он подвел итоги своим представлениям о ландшафтоведении как основе современной физической географии.

Статьи Д.Л. Арманда "О теории радиационных рубежей" и "О законе интенсивности физико-географического процесса" написаны в связи с исследованиями, проводившимися академиком А.А. Григорьевым по теоретическим проблемам физической географии.

Признавая заслуги этого большого ученого в разработке узловых проблем советской науки, Д.Л. Арманд еще при жизни А.А. Григорьева выступал с критикой его отдельных положений. Так, после публикации статьи А.А. Григорьева "Закон интенсивности физико-географического процесса" (1943) Д.Л. Арманд сразу же передал автору свои замечания. Последующие выступления он посвятил разбору как этого закона, так и теории радиационных рубежей, представления о которых как показателях для сравнительного анализа природных особенностей различных районов на разных широтах были сформулированы А.А. Григорьевым около 40 лет назад.

За прошедшие с тех пор годы сделано многое для понимания роли солнечной радиации и радиационного баланса в жизни нашей планеты, и все же стенограмма доклада Д.Л. Арманда "О теории радиационных рубежей" и сегодня вызывает интерес как результат большого оригинального исследования. Кроме того, эта стенограмма, которая публикуется в настоящей книге впервые, – наглядный образец творческой лаборатории ученого, методики его труда, требующей привлечения кропотливых точных расчетов, поисков фактологического основания и логических решений.

Результатом проведенных А.А. Григорьевым исследований явилось внедрение достижений геофизики в физическую географию, в чем его большая заслуга. Д.Л. Арманд продолжил их и в этом плодотворном направлении во многом преуспел. Показательна его статья "Некоторые задачи и методы физики ландшафта" (1967), в которой автор четко формулирует свои представления о новом направлении в физической географии. Об этом более подробно рассказано в заключительном очерке, освещающем научные интересы ученого, его сложный жизненный путь активного общественного деятеля и страстного борца за охрану природы.

В подготовке к печати предлагаемых вниманию читателей трудов Д.Л. Арманда приняли участие Г.В. Арманд-Ткаченко, А.Д. Арманд, А.В. Дроздов и Г.В. Кушнарева.

Э.М. Мурзаев

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ[1]

Потребность человечества в природных ресурсах непрерывно возрастает, потребление их увеличивается. Поэтому рациональным может быть названо такое использование этих ресурсов, при котором их запасы не только не оскудевают, но постоянно увеличиваются и качественно обогащаются. Таким образом, задача организации рационального использования природных ресурсов перерастает в задачу планового, направленного преобразования природы. Обе задачи неразрывно связаны.

По мере роста материальных и культурных запросов общества естественное возобновление природных богатств будет все более отставать от потребности в них, а необходимость их искусственного воспроизводства, культивирования будет становиться все более насущной. Таким образом, преобразовательный аспект проблемы будет постепенно выдвигаться на первый план.

Конкретные задачи по улучшению использования природных ресурсов СССР, которые могут быть предусмотрены на обозримый период времени, разделяются на две группы:

– задачи, решение которых в основном подготовлено наукой и которые могут быть доработаны в течение 20-летия и за этот же период осуществлены полностью или в значительной части;

– задачи, теоретическое решение которых потребует более значительного времени и которые вследствие этого могут перейти в стадию проектирования и осуществления лишь в конце 20-летнего периода или за его пределами.

ЗАДАЧИ, ОСУЩЕСТВИМЫЕ В ОСНОВНОМ В ТЕЧЕНИЕ БЛИЖАЙШЕГО 20-ЛЕТИЯ

Никакие научные исследования не могут принести пользы, если не будут созданы организационные формы, обеспечивающие их внедрение. Поэтому при решении указанных задач на первое место должны быть поставлены организационные мероприятия.

Общие организационные мероприятия, необходимые для рационального использования всех видов природных ресурсов или их значительных групп, представляются следующими.

1. Регламентирование охраны природы, рационального использования и расширенного воспроизводства природных ресурсов в общесоюзном масш-

[1] Статья написана в 1956 г. и публикуется впервые. Она представляет интерес как пример широкой постановки научно-прикладных задач, практическое решение которых началось после того, как она была написана. – *Примеч. ред.*

табе с установлением ограничений, налагаемых на использование всех видов охраняемых ресурсов. Создание органов, руководящих использованием и охраной ресурсов, определение обязанностей научных и общественных организаций и ответственности за нарушение установленных правил. Существующие республиканские регламентации должны быть приведены в соответствие с общесоюзной.

2. Организация оценки и учета природных ресурсов (земель, лесов, фауны, энергии Солнца и ветра и т.п.). Это важнейшее мероприятие является основой планирования. Оно мыслится в виде осуществления трех взаимосвязанных операций: классификации каждого вида ресурсов, бонитировки его запасов и составления серии крупномасштабных специальных карт ресурса с прилагаемыми региональными описаниями. Система оценки и учета должна быть по возможности единообразной по всем видам ресурса. Они должны осуществляться как постоянно реализуемое мероприятие.

3. Создание органа, объединяющего функции руководства учетом, участия в планировании, контроля и координации всех мероприятий, связанных с использованием природных ресурсов. В области планирования такой орган явится главным помощником Госплана.

4. Усиление и объединение под общим руководством этого органа отраслевых инспекций, наблюдающих за правильностью использования учреждениями и лицами отдельных видов ресурсов. Сфера деятельности инспекций должна охватывать все виды ресурсов, в том числе и те, на которые она сейчас не распространяется (земельные и климатические ресурсы).

5. Проведение по специальному плану районных планировок для всех районов Советского Союза, и в первую очередь для районов крупных новостроек, использующих природные ресурсы, влияющих на состояние последних и в корне меняющих экономику данных районов и условия жизни их населения. Для проведения районных планировок должны быть созданы "кочующие" комплексные проектные организации, способные проектировать не отдельные предприятия, а целостные районы подлинной социалистической экономики (размещение промышленных объектов, транспортных систем, населенных пунктов, направление сельского хозяйства, использование энергетических ресурсов, мероприятия по охране природы).

6. Подготовка кадров разной квалификации, начиная от инспекторов по наблюдению за использованием отдельных видов ресурсов и кончая высококвалифицированными специалистами по изучению природных связей и проектированию крупных сооружений, которые окажут всестороннее воздействие на окружающую местность и условия жизни населения.

7. Разработка и освоение производством систем машин, обеспечивающих эксплуатацию природных ресурсов (распашку земли, рубку и вывоз леса, лов рыбы и т.д.) без ущерба для возобновления соответствующих ресурсов.

8. Расширение и упорядочение сети заповедников и заказников государственного, республиканского и местного значения, используемых в разных целях: для изучения природных процессов, как фонд организмов, обеспечивающих размножение и интродукцию, в качестве мест обучения биологов, географов, геологов и других специалистов и в качестве памятников природы научного и эстетического значения.

Реализация перечисленных мероприятий возможна лишь в том случае, если наряду с созданием государственных органов, ответственных за использование природных ресурсов, делу охраны природы и улучшения использования природных богатств будет обеспечена поддержка общественных организаций и всего народа. Другой предпосылкой является тщательная научная подготовка мероприятий, в том числе и организационных. Государственные и общественные органы должны получить научную методику, обеспечивающую эффективность их деятельности.

К числу важнейших задач науки, связанных с эксплуатацией, восстановлением и преобразованием полезных компонентов природы, относятся следующие.

1. Классификация отдельных видов природных ресурсов, как генетическая, так и практическая (утилитарная).

2. Бонитировка (хозяйственная оценка) ресурсов.

3. Описание и общегосударственное специальное картографирование (в первую очередь в масштабе 1:1 000 000) природных ресурсов (лесов и другой растительности, почв, земельных угодий по признаку рельефа, климатических ресурсов и т.д.), а также природных комплексов.

4. Доработка норм использования природных ресурсов, обеспечивающих их возобновление.

5. Разработка инструкций по учету природных ресурсов по отраслям планового природопользования.

6. Разработка частных методик восстановления и обогащения природных ресурсов.

Преимущественно для географических учреждений важны темы:

7. Взаимодействие компонентов природы, имеющих хозяйственное значение.

8. Влияние деятельности человеческого общества на природу.

Технические, физические и химические институты должны заниматься разработкой новых технологий производств, связанных с природными ресурсами с целью комплексного использования всех их составных частей, и способов транспортировки сырья с минимальным нарушением природных условий.

Сельскохозяйственные институты должны разрабатывать методы интенсивного использования земель без разрушения почвенного плодородия и методы восстановления его там, где оно было утрачено в результате неправильного ведения хозяйства.

Рассмотрим теперь необходимые частные мероприятия, направленные на улучшение использования и воспроизводство одного вида ресурсов (однако во всех случаях тесно связанные с состоянием всех прочих ресурсов), указав по каждому виду научно-технические проблемы, которые должны быть доработаны для обеспечения внедрения мероприятий на высоком уровне. Мероприятия, упомянутые среди общих организационных мероприятий (такие, как составление общегосударственных карт, разработка систем машин и др.), ниже не распределяются по видам ресурсов. Однако следует помнить, что для каждого вида они имеют первостепенное значение и свою специфику.

А. Хозяйственные мероприятия

1. Составление генерального плана мелиорации трудных для освоения земель, находящихся в сельскохозяйственном использовании (осушения, орошения, рассоления, раскисления, раскустаривания, очистки от валунов, опесчанивания тяжелых и оглинения легких почв, проведения комплексных противоэрозионных и противодефляционных мероприятий, коренного улучшения малопродуктивных сенокосов и пастбищ и т.п.). Обеспечение работ по этому плану кадрами, машинами и материалами. Практическое осуществление плана.

2. Составление генерального плана освоения для сельского хозяйства новых целинных земель на ближайшие 20 лет с проведением мероприятий, предусмотренных в п. 1 (и, кроме того, раскорчевок), но осуществляемых в основном до вовлечения соответствующих территорий в сельскохозяйственное использование. Практическое осуществление плана.

3. Проведение работ по преобразованию микрорельефа сельскохозяйственных земель с целью задержания или перераспределения дождевых и поливных вод, в частности работ по планации поливных земель, обвалованию и террасированию склонов, сполаживанию оврагов. Работы должны производиться на основе экономических расчетов в первую очередь на землях, предназначенных под наиболее ценные культуры, а также там, где неупорядоченность рельефа наносит ущерб населенным пунктам, предприятиям и транспортным сооружениям.

4. Проведение работ по осушению болот и переувлажненных земель на базе усовершенствованной техники – перехода в основном на закрытый дренаж, применения автоматов – канавокопателей, прокладывающих трассу с заданным уклоном, автоматов, трубоукладчиков и т.п. Внедрение на осушенных землях специализированной агротехники.

5. Проведение обширных работ по орошению пустынных и засушливых земель с применением прогрессивных и экономных способов орошения (подпочвенного, дождеванием) и с постройкой водосборно-сбросных систем. Повышение культуры поливного земледелия, в частности восстановление и расширение люцерно-хлопчатниковых и других севооборотов, сохраняющих плодородие почв.

6. Осуществление зональных и региональных систем противоэрозионных и противодефляционных мероприятий как неотъемлемой части мер по внедрению зональных систем сельского хозяйства. Важнейшими элементами этих систем должны явиться переход к контурно-ленточному земледелию на землях, подверженных эрозии, и к полосному земледелию на землях, подверженных дефляции, создание сетей защитных, ветроломных, водопоглощающих, овражно-балочных, пескоукрепительных и других лесонасаждений, сооружение стокорассеивателей на полях и гидротехнических сооружений в оврагах. При осуществлении указанных мероприятий разрушительные эрозия и дефляция в течение 20-летнего периода могут быть в основном ликвидированы.

7. Восстановление сельскохозяйственных земель, затопленных при создании крупных водохранилищ, и превращение их в польдеры путем постройки дамб и организации откачки подтопляющих грунтовых вод.

8. Пересмотр внутрихозяйственной организации территории во всех землепользованиях, охваченных планом мелиораций. Пересматриваться должны не только границы угодий и полей севооборотов, но и соотношения отраслей хозяйства и высеваемых культур в соответствии с преобразуемыми в ходе мелиорации природными условиями. Пересмотр должен обеспечивать наиболее полное использование всех угодий при постоянном повышении их плодородия и производительности. Он должен выполняться как детализация районных планировок на базе качественной оценки земель и сопровождаться составлением новых планов землеустройства в горизонталях.

9. Создание сети сельскохозяйственных опытных станций на землях, требующих различных видов мелиораций для каждой природной зоны и каждого типа рельефа. Внедрение разработанных на них способов ведения хозяйства и улучшения земель сперва в опытно-показательных, а затем во всех колхозах и совхозах.

Б. Задачи науки и техники

1. Дальнейшая разработка методики составления легенд крупномасштабных агропроизводственных карт (карт земельного кадастра) и вспомогательных картосхем.

2. Разработка принципов и методов экономической оценки земель и сопряжение ее с естественнонаучной оценкой их плодородия и технической оценкой пахотопригодности. Сведение региональных бонитировочных таблиц в единую общегосударственную шкалу классов земель.

3. Создание общей теории физико-географического районирования и ее применение к нуждам дифференцированного ведения различных отраслей народного хозяйства, в первую очередь сельского хозяйства. Районирование территории Советского Союза во все более крупных масштабах.

4. Разработка техники и организации работ по преобразованию микрорельефа, в частности с применением опытов на моделях.

5. Дальнейшее изучение водного, воздушного, пищевого (солевого и органического) и теплового режимов, а также балансов почв, особенно осушаемых и орошаемых.

6. Постепенная дифференциация систем противоэрозионных и противодефляционных мероприятий в соответствии со все более детальным изучением местных условий и по мере уточнения хозяйственного профиля районов и отдельных хозяйств.

7. Углубление теории геофизического воздействия фитомелиораций, в частности лесных полос, и дальнейшее уточнение методов проектирования сетей защитных насаждений, в том числе с применением моделирования гидро- и аэродинамических процессов.

8. Дальнейшая разработка химических методов улучшения структуры почв, защиты растений от болезней и вредителей, а также методов уничтожения сорняков.

9. Изучение закономерностей формирования, развития и распределения мерзлых почв и горных пород, изучение криологических процессов. Разработка методов управления этими процессами.

10. Развитие геохимии ландшафтов, открывающей дополнительные возможности регулирования водно-теплового режима почв и содержания

в них питательных веществ, а также геохимии микроэлементов. Составление государственных карт содержания и динамики макро- и микроэлементов в почвах, грунтах и водах.

11. Дальнейшее изучение зависимости состава и продуктивности естественной и культурной растительности от водного и теплового балансов подстилающей поверхности и физико-химических свойств субстрата.

ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

А. Хозяйственные мероприятия

1. Замена существующей несовершенной системы деления лесов на три группы в зависимости главным образом от их близости к рекам классификацией лесов на базе их научной типологии, т.е. классификацией местообитаний и воздействия лесов на водный режим, климат и фауну. Введение в соответствии с новой классификацией дифференцированных режимов эксплуатации лесов.

2. Завершение таксации высокого класса в лесах высших категорий (водоохранных, полезащитных, оздоровительных и пр.) и в лесах, намеченных к промышленному использованию в течение 20-летнего периода. Окончание таксации упрощенными методами всех резервных лесных площадей.

3. Переход во всех лесах главного пользования к правильному ведению лесного хозяйства, основанному на замкнутом цикле выращивания древесины. Эта цель может быть достигнута путем повсеместного осуществления правильного оборота рубок с ликвидацией "задолженности" природе (возникшей в результате перерубов годовой лесосеки в предыдущие годы) и закрепления постоянных лесных площадей за предприятиями или объединениями лесообрабатывающей (бумажной, целлюлозной, лесохимической и т.п.) промышленности, т.е. превращения этих площадей в заготовительные цеха предприятий. Переход от перемещающихся лесозаготовительных участков к стабильным центрам лесного хозяйства с благоустроенными населенными пунктами и постоянными дорогами. Создание таких центров уже предусмотрено.

4. Внедрение передовой технологии (от лесосеки до завода), обеспечивающей полное использование всех лесных продуктов, включая низкосортную древесину, сучья, хвою, корье, смолу и т.д. Сокращение на этой основе площади ежегодных рубок (с поправкой на дальнейшее развитие народного хозяйства).

5. Развертывание лесомелиоративных и восстановительных работ, направленных как на увеличение площади лесов в обезлесенных районах, так и на увеличение производительности лесопокрытых площадей. Главными элементами работ являются осушение, укрепление песков, искусственное облесение гарей и необлесившихся вырубок, замена малоценных древесных пород более ценными.

6. Организация эффективной системы охраны леса от пожаров, вредителей, незаконных рубок и прочих источников их повреждений. Постепенная ликвидация лесных выпасов.

7. Организация правильной эксплуатации произрастающих в лесах технических и пищевых недревесных растений (лекарственных и ягодных растений, грибов и т.п.).

8. Выделение, улучшение и насаждение декоративно-оздоровительных лесов и лесопарков вокруг городов, в курортных районах, вдоль главных водных путей, по берегам водохранилищ и т.п.

9. Отказ от способов рубки и транспортировки леса, наносящих вред другим природным богатствам (почве, лесным промысловым животным, рыбе), в частности от тракторной трелевки леса на склонах и молевого сплава, и замена их более совершенными методами.

Б. Задачи науки и техники

1. Дальнейшая разработка лесной типологии, которая будет положена в основу хозяйственной классификации лесов.

2. Дальнейшая разработка методов мелиорации и охраны леса.

3. Разработка технологии полного использования лесных продуктов.

4. Разработка методов транспортировки леса, безвредной для окружающей природы и для возобновления леса.

5. Составление норм оптимальной облесенности для различных зон и типов местности.

РЕСУРСЫ ПОЛЕЗНОЙ ФАУНЫ

А. Хозяйственные мероприятия

1. Закрепление всех охотничьих, а также рыболовецких угодий (во внутренних и территориальных водах) за государственными и кооперативными промысловыми предприятиями и спортивными обществами с целью организации в них правильного охотничьего и рыболовного хозяйства, обеспечивающего достаточное размножение и высокое качество промысловых животных.

2. Регулирование распределения промысловых животных по территории СССР путем учреждений запретных зон в густонаселенных районах с истощенным населением полезных животных и в местах их массового размножения с одновременным созданием благоприятных условий для промысловиков в отдаленных районах, где сейчас наблюдается недопромысел (прокладка дорог, постройка баз снабжения и т.п.).

3. Установление новых правил охоты и рыболовства, исключающих вылов и гибель молоди. Полная ликвидация браконьерства и хищнических методов охоты и лова. Установление биологически обоснованных планов промысла и запрещение их перевыполнения.

4. Зарыбление построенных и вновь строящихся водохранилищ ценными породами рыбы как путем сооружения на них рыбозаводов и выпуска мальков, так и путем создания благоприятных условий для естественного размножения рыбы. Максимальное использование водохранилищ для разведения дикой и домашней водоплавающей птицы.

5. Восстановление рыбных богатств рек, подорванных в результате загрязнения последних промышленными и коммунальными стоками и лесосплавом, после устранения причин загрязнения.

6. Заключение международных соглашений по регулированию количества и способов отлова рыбы в открытом море, китов, морского зверя и перелетной птицы с введением запрещения лова всех исчезающих видов.

Б. Задачи науки и техники

1. Разработка оптимальных норм численности популяций каждого вида промысловых животных по зонам и природным районам и разработка методов поддержания этих норм.

2. Усовершенствование методов прогнозирования изменений численности животных в зависимости от урожая кормов, погодных условий и т.п. и создание службы прогнозов.

3. Дальнейшее изучение способов защиты промысловых животных от эпизоотий, паразитов (гельминтов и кровососущих насекомых), хищников и т.п.

4. Разработка конструкций орудий лова (главным образом рыбы), исключающих потребление неполномерных особей.

5. Усовершенствование методов искусственного разведения рыбы в различных водоемах, а также способствующих проходу рыбы через гидротехнические сооружения.

6. Разработка технологии добычи и переработки новых видов морской фауны и флоры.

ЗАДАЧИ ГЕОГРАФОВ В СВЯЗИ С ПЛАНОМ ПЕРЕДЕЛКИ ПРИРОДЫ СТЕПЕЙ[1]

ОБЪЕМ ЗАДАЧ

Преобразование природы степей не сводится к осуществлению комплекса только лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий. Оно связано с коренным изменением в степной и лесостепной зонах характера физико-географического процесса. Большая роль в решении этой задачи принадлежит насаждению лесных полос.

Лесные полосы вызовут задержание снега на полях, уменьшение стока, сохранение в почве талых и ливневых вод, замедление их последующего испарения, а также ослабление ветров, что повлечет за собой увеличение влажности воздуха и количества местных осадков, изменит суточный ход температуры. Уменьшение и перераспределение поверхностного стока будет иметь результатом резкое сокращение почвенной и овражной эрозии и изменение режима рек в сторону большей равномерности его. Срезание паводковой волны в свою очередь вызовет понижение мутности и изменение годового хода солености Черного и Азовского морей. Сдвиг в распределении атмосферной влаги увеличит ее перенос в восточные районы и будет способствовать освоению полупустынной зоны.

Изменение режима грунтовых вод и увеличение доли осадков, расходуемых на испарение, существенно изменит ход процессов почвообразования и, в частности, солевой баланс почв. Наконец, лесные полосы создадут совершенно новые условия обитания в степи для грызунов, птиц и насекомых, что приведет к качественному и количественному изменению фауны.

Сочетание и взаимодействие элементов ландшафта закономерно; ни

[1] Статья опубликована в сб. "Вопросы географии", 1949, № 13. Печатается с некоторыми сокращениями.

один из них не может измениться, не вызывав изменения всех остальных. В этом заключается основной закон динамики ландшафтов, и это же является убедительным доказательством единства физико-географического процесса.

За годы Советской власти уже не раз вносились существенные поправки в природу, такие, например, как создание Рыбинского и Иваньковского водохранилищ, изменение режима Севана. Во всех этих случаях цель поправок заключалась в переделке какого-либо одного элемента ландшафта, в приведенных примерах – гидрографической сети. Изменения остальных элементов при этом также происходили, но они (иногда полезные, иногда вредные) воспринимались как принудительные по отношению к основному результату – получению гидроэнергии, созданию новых водных путей и др. Нередко они оказывались неожиданными. Даже при мероприятиях, задуманных как комплексные, взаимодействие природных процессов не всегда достаточно учитывалось, что иногда приводило к отрицательным последствиям. Таковы случаи засоления новополивных земель при орошении в зонах недостаточного увлажнения.

В отличие от большей части мероприятий, выполнявшихся ранее, осуществление плана по полезащитным насаждениям окажет влияние на всю природу в целом, приведет к изменению хода климатического, гидрологического, денудационного (экзогенного), почвенного и биогеографического процессов так, чтобы получить максимальное количество выгодных для народного хозяйства последствий.

Таким образом, намеченный к осуществлению комплекс мероприятий является глубоко географическим, а не только лесоводческим или агротехническим. Никогда ранее к вопросам географии родной страны не привлекалось столь пристальное внимание государственных органов, широких слоев населения и печати. Никогда еще географы не принимали участия в решении столь важной проблемы. Отсюда ясна ответственность, которая на них ложится.

Именно за комплексный всесторонний подход к переделке природы боролись передовые русские ученые, сделавшие так много в области географии, – В.В. Докучаев, П.А. Костычев, Г.Н. Высоцкий и др. Но их идеи не могли воплотиться в жизнь в условиях царской России. Им пришлось ограничиться постановкой вопроса, разработкой теоретических положений и отдельными опытами. Изложение истории полезащитного лесоразведения выходит за рамки настоящей статьи. Однако можно подчеркнуть, что труды основоположников учения о роли леса как средства мелиорации климата и борьбы с эрозией не пропали даром.

Нужно иметь в виду, что при осуществлении плана полезащитных лесонасаждений могут встретиться трудности и непредвиденные осложнения. Возможны и отдельные ошибки, недоучет сопутствующих явлений вследствие недостаточного знания природных связей.

Обязанность научных организаций – с возможной точностью предусмотреть все последствия мероприятий по полезащитному лесонасаждению, предостеречь от ложных шагов, вскрыть, насколько это возможно при современном уровне знаний, рычаги управления природными процессами и указать наилучшую методику приведения их в действие, словом, обеспечить научно-методическое руководство всей этой грандиозной работой. От

того, как справятся советские ученые, в частности географы, с этой задачей, в значительной мере зависит достижение наибольшого эффекта при наименьшей затрате труда, времени и денег.

Задачи, стоящие перед географами, можно разделить на две группы.

1. Задачи, связанные с непосредственным проведением работ. К ним относятся разработка состава лесонасаждений применительно к отдельным районам, уточнение методов расчета и конструирования лесных полос и других водорегулирующих и противоэрозионных объектов, специальное и ландшафтное районирование для установления комплекса необходимых мероприятий в соответствии с местными условиями и т.п.

2. Задачи, связанные с предсказанием изменений тех элементов физико-географической среды, на которые не будет оказываться непосредственное воздействие, но которые будут изменяться в силу существующих природных связей. К ним относятся прогнозы изменений климата и стока, почвообразовательного процесса и фауны, проектирование использования сопутствующих полезных явлений и предотвращения вредных, предвычисление продуктивности территории.

Обе группы задач тесно переплетаются друг с другом, но первая решается преимущественно методом практических полевых работ, вторая – методом теоретических расчетов.

Обязательства, которые должны взять на себя географы и ученые других специальностей в связи с начавшимися работами по преобразованию природы нашей страны, достаточно сложны и новы. Но из этого отнюдь не следует, что успешное проведение намеченных мероприятий невозможно до того, как будет детально разработана методика подготовительных исследований и проведены трудоемкие наблюдения и расчеты.

На первом этапе многие работы могут проводиться (и фактически уже проводятся) без детальных изысканий на основе имеющегося опыта практиков и ученых. Но одновременно должен быть приложен максимум усилий по созданию прикладной географии – науки о преобразовании природы и рациональной организации территории, науки, вооруженной глубокой теорией и тонкой дифференцированной методикой.

Преобразование природы на разумной основе – это не кампания, а начало новой эпохи во взаимоотношении человека с окружающей средой. Отсюда ясно, что теоретическая и экспериментальная отсталость географии в части задач, связанных с выполнением мероприятий по преобразованию природы, обнаруживающаяся к началу первого концентра работ, должна быть возможно скорее ликвидирована с тем, чтобы дальнейшие этапы осуществления этих мероприятий могли проводиться на базе углубленного понимания природных процессов и использования обширного фактического материала, собранного наиболее совершенными научными методами. Это сведет к минимуму возможные ошибки, ускорит и облегчит осуществление работ и сделает их более эффективными.

Поэтому техническая сложность и стационарный характер некоторых из предлагаемых в этой статье методов ни в коей мере не могут считаться несовместимыми со срочностью первоочередных работ, включенных в план полезащитных лесонасаждений. Они должны внедряться в практику наравне и параллельно с упрощенными "скоростными" методами научной помощи плану.

Намечаемые здесь проблематика и методика научных работ по преобразованию природы приурочены главным образом к лесостепи, разнотравной и дерновинно-злаковой степи. Лесомелиорация в зонах полупустынь и пустынь (Прикаспийская низменность) требует особых приемов и ставит дополнительные задачи, преимущественно лесоводческого характера, связанные с освоением солонцов, искусственным орошением и т.д. Рассмотрение их должно явиться темой отдельного исследования.

ПЕРЕСТРОЙКА ВОДНОГО БАЛАНСА

Возможность нормального существования и развития в данном месте того или иного типа растительности или отдельного растения зависит в первую очередь от наличия достаточного количества тепла и влаги. В естественных условиях смена в пространстве одного типа растительности другим связана с рубежами, на которых становится недостаточным количество одного из этих факторов.

При искусственном расширении ареала типов растительности или отдельных растений следует прежде всего выяснить (чтобы не действовать вслепую), можно ли обеспечить растениям-переселенцам в новом месте их прожиточный минимум тепла и влаги.

Однако необходимо помнить, что для успешной акклиматизации растений имеет значение не только абсолютное количество, но также годовой ход всех статей баланса тепла и влаги, а также другие факторы: тип почв, степень их засоления и т.д.

Когда речь идет о создании в степи полезащитных лесных полос из деревьев лесной зоны, количество тепла не может оказаться недостаточным. Надо полагать, что для некоторых видов оно будет даже чрезмерным. Напротив, недостаток влаги представляет вполне реальную опасность, особенно при повышенной транспирации, обусловленной высокими температурами и низкой относительной влажностью воздуха.

Таким образом, при дальнейшем уточнении состава древесных и кустарниковых пород, при улучшении и расширении их ассортимента по отдельным районам, а в пределах района – по различным условиям местообитания возникают следующие три вопроса:

1) сколько воды на единицу площади может потребоваться насаждению данного состава для нормального приживания, роста и самовозобновления;

2) обеспечивается ли это количество воды выпадающими осадками;

3) можно ли посредством технических и агрономических мероприятий обеспечить посадки недостающим количеством влаги.

Для ряда растительных видов изучены факторы, влияющие на транспирацию, и получены ее количественные значения (Иванов, 1916, 1939). Но здесь речь идет не об акклиматизации отдельных видов, а о создании в степи искусственных лесных сообществ. Поэтому необходимо получить данные о величине испарения растительного покрова в целом. Эта задача может быть решена путем статистической обработки величин испарения влаги растительным покровом данного типа во всех его местообитаниях. В первом приближении ответ на этот же вопрос дает аналогичная обработка количества осадков. При этом особое внимание должно обращаться на крайние условия существования. Выяснение современной экологической

амплитуды фитоценоза в естественных условиях позволит установить необходимое ему количество влаги. Таким образом, можно будет дать ответ на первый из поставленных вопросов. Опыты получения таких данных в последнее время были сделаны (Волобуев, 1947, 1948; Арманд, 1949б).

Ответ на второй вопрос может быть получен из анализа существующих карт осадков и стока. Приходная часть среднегодового баланса влаги состоит из осадков, расходная – из стока и испарения. Уравнение баланса в общей форме имеет вид

$$r = q + e, \qquad (1)$$

где r – осадки; q – сток; e – испарение. В зонах со сплошным растительным покровом большая часть испарения приходится на транспирацию. Таким образом, разность $r-q$ приблизительно равна тому количеству влаги, которое в естественных условиях проходит через организмы растений.

Если бы не существовало других источников снабжения деревьев водой, кроме осадков, выпадающих непосредственно на залесенную площадь, возможности насаждения в степной зоне лесов, нуждающихся в значительно большем количестве влаги, чем травянистая растительность, были бы весьма ограниченны.

К счастью, возможности, которыми располагает лесоводство в степях, особенно в условиях социалистического хозяйства, несравненно шире. Выяснение этих возможностей связано с ответом на третий из поставленных выше вопросов.

Уравнение водного баланса суши может быть развернуто следующим образом:

$$r_{ж} + r_{т} + r_{к} = q_{п} + q_{г} + e_{к} + e_{с} + e_{п} + e_{в} + e_{сн} \ldots, \qquad (2)$$

где $r_{ж}$ – осадки в жидкой фазе; $r_{т}$ – осадки в твердой фазе; $r_{к}$ – конденсации паров в почве; $q_{п}$ – сток поверхностный; $q_{г}$ – сток грунтовый; $e_{к}$ – потребление влаги сельскохозяйственными и лесными культурами; $e_{с}$ – потребление влаги сорняками; $e_{п}$ – испарение с поверхности почвы; $e_{в}$ – испарение с поверхности водоемов; $e_{сн}$ – испарение снега. При рассмотрении части склона, заключенного между двумя горизонталями, величины $q_{п}$ и $q_{г}$ понимаются как алгебраические суммы стока и притока и могут входить в уравнение с различными знаками.

Из всех статей баланса непосредственно полезной для сельского хозяйства является лишь статья потребления влаги культурной растительностью ($e_{к}$). Эта статья слагается из двух частей.

Малую долю составляет так называемая организационная вода, входящая в состав плазмы и обеспечивающая синтез углеводов и солевое питание. Несравненно бóльшая часть представляет собой "расходную" транспирационную воду, которая проходит через растение, не выполняя каких-либо прямых физиологических функций. Однако и она необходима для жизни растений. Используя для фотосинтеза всего 1,5–3% падающей на него солнечной радиации (Иванов, 1946), растение вынуждено защищаться от остальной ее части, которая, превращаясь в тепловую энергию, немедленно привела бы к смертельному перегреву тканей, если бы механизм транспирации не переводил ее непрерывно в скрытую теплоту испарения.

Колебания транспирации являются следствием нарушения физиологического баланса влаги под действием изменений внешней среды (Генкель, 1946). В случае недостатка транспирационной воды растение бывает вынуждено сокращать синтезирующую поверхность, что приводит к сокращению роста, т.е. к понижению полезной продукции (Максимов, 1944).

Следует подчеркнуть, что полезным является расход воды на транспирацию не только полевых культур, но и деревьев. Это расход на выращивание лесной полосы, т.е. на возведение ветрозащитного или противоэрозионного сооружения. При полном развитии лесных полос он окупается еще и другим путем: полосы дают выход древесины, столь ценной в степных областях.

Таким образом, прирост растительной массы и ее качество в сильнейшей степени зависят от количества транспирируемой влаги.

Поскольку вода, расходуемая через канал $e_к$, представляет собой полезную в сельскохозяйственном отношении статью расходной части баланса, величину

$$k_{сх} = \frac{e_к}{q + e} \qquad (3)$$

можно назвать сельскохозяйственным коэффициентом полезного действия влагооборота.

Все мероприятия, включенные в план преобразования природы степей, направлены, в сущности, к одной цели – всемерному повышению $K_{сх}$. Последнего можно достигнуть, уменьшив $q + e$ или увеличив $e_к$.

Из уравнения (2) видно, что обе эти величины тесно сопряжены друг с другом. Поэтому на практике они изменяются одновременно. Чтобы представить отчетливо, от чего зависит величина $e_к$, нужно решить относительно нее уравнение баланса. Тогда имеем

$$e_к = (r_ж + r_т + r_к) - (q_п + q_г) - (e_с + e_п + e_в + e_{сн}). \qquad (4)$$

Очевидно, для увеличения $e_к$ надо стремиться увеличить члены, стоящие в первой скобке, или уменьшить стоящие во второй и третьей. До тех пор пока рост лесных полос не скажется на общем изменении климата, мы практически не сможем влиять на величину видимых осадков – $r_ж$ и $r_т$ (если не будут сделаны новые крупные открытия в области непосредственного управления ими). Методы регулирования $r_к$, зависящей в первую очередь от влажности воздуха и разности температур между нижним слоем атмосферы и почвой, также еще не разработаны. Таким образом, нам остается обратить внимание на статьи расхода – сток и испарение.

На какие из этих статей мы можем влиять в сторону уменьшения и какие из них имеют в балансе достаточно большой вес, чтобы на них стоило влиять?

Мы можем уменьшить:

а) поверхностный сток ($q_п$) – путем создания водорегулирующих лесных и целинных полос, обвалования и террасирования полей, крестования, пахоты поперек склона и т.д.;

б) транспирацию сорняков ($e_с$) – всеми агротехническими мероприятиями по борьбе с сорняками;

в) испарение с поверхности почвы ($e_п$) – путем залужения склонов оврагов, песков и других бросовых, смытых и выбитых скотом земель и установления правильного соотношения между черными и занятыми парами (Козменко, 1937, 1938; Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та агромелиорации, 1947; Агролесомелиорация, 1948).

Можно до некоторой степени уменьшить испарение снега ($e_{сн}$) путем мульчирования.

Мы не можем влиять на испарение с поверхности водоемов ($e_в$) иными средствами, кроме изменения их площади.

Что касается грунтового стока ($q_г$), то при проведении намеченного комплекса мероприятий величина его не только не уменьшится, но даже увеличится. В то время как одна часть поверхностного стока направится по каналу испарения, другая неизбежно увеличит расход грунтовых вод.

Для того чтобы определить, на какие статьи, находящиеся или могущие в будущем оказаться в нашей власти, стоит влиять, надо подставить в уравнение водного баланса на место буквенных обозначений конкретные цифры. Эти цифры меняются в очень широких пределах на пространстве степной и лесостепной зон. Они различны для каждого района, более того, для каждого поля. В настоящее время нам известен только порядок величин, осредненных для очень больших территорий.

Найти методы количественного определения статей баланса по микрорайонам, с одной стороны, и по сезонам – с другой, – одна из главных задач, стоящих перед географами и геофизиками. Местные соотношения статей водного баланса почвы определяют весь комплекс конкретных мероприятий по борьбе с засухой и неурожаями.

Если главным условием устойчивых урожаев в черноземной полосе является бесперебойное снабжение растений влагой, то ключом к такому снабжению является точное количественное знание всех статей водного баланса и умение изменять их в желательную для нас сторону.

Чтобы составить общее представление о сравнительном значении этих статей, можно привести некоторые средние цифры и результаты отдельных наблюдений, имеющиеся в нашем распоряжении.

Среднегодовое количество жидких осадков ($r_ж$) в зоне полезащитного лесонасаждения колеблется от 390 мм у северной и западной границ зоны до 130 мм у юго-восточной. По данным М.А. Великанова (1949), количество твердых осадков ($r_т$) при пересчете на воду изменяется от 185 мм (Уфа) до 34 мм (Астрахань). Что касается почвенной конденсации, то ее доля в приходной части баланса была определена лишь для ничтожного количества пунктов. А.Ф. Лебедев (1936) получил для Одессы следующие, по-видимому сильно преувеличенные, цифры: $r_к$ = 60–100 мм (15–25% годовых осадков).

Слой стока $q_п + q_г$ на некоторых участках северной границы зоны (Тула, Орел) приближается к 160 мм и падает почти до нуля у побережья Каспийского моря (Троицкий, 1948). Доля грунтового стока ($q_г$) чрезвычайно изменчива. Она зависит от состава грунтов, уклона водоупоров, характера растительного покрова, годового хода и характера осадков.

Долю подземного стока можно оценить по данным о грунтовом питании рек, которое, по М.И. Львовичу, составляет, например, для Днепра 30%, для Сожа 42%. М.А. Великанов приводит, кроме того, такие цифры: для

Оки – 14%, для Томи – 5–10%. По Д.И. Абрамовичу, грунтовое питание р. Москвы у Павшина составляет 17%, Днепра у Смоленска – 19%.

По некоторым новейшим расчетам, роль грунтового стока для рек Среднерусской возвышенности преуменьшена; возможно, что подземный сток составляет в среднем до 50% их питания.

Увеличение грунтового стока за счет некоторой части поверхностного следует считать положительным явлением. Если бы даже было возможно весь сток повернуть в канал транспирации, этого не следовало бы делать, так как это привело бы к обмелению рек, имеющих важное значение для транспорта, сплава и водоснабжения, а также к засолению почв.

Таким образом, надо стремиться к сведению грунтового стока не к минимуму, а к некоторому оптимуму, который определяется величиной желательного расхода воды в реках и необходимостью достаточного промывания почвы как одного из условий высокой продуктивности растительного покрова. Обе эти функции стока являются полезными и выполняются грунтовыми водами лучше, чем поверхностными. Питание рек вследствие регулирующего действия подземных микроканалов становится более равномерным. Промывание почв грунтовыми водами в отличие от поверхностных производится на всю глубину почвенного профиля и не сопровождается сносом ценного твердого вещества.

Как уже отмечалось, в условиях сомкнутого растительного покрова бóльшая часть испарения приходится на долю транспирации. Объем транспирируемой растением воды меняется в зависимости от условий погоды, в частности от температуры и дефицита влажности. Лесные полосы оказывают двоякое действие: они сберегают почвенную влагу, обеспечивая необходимый объем транспирации, и в то же время сокращают эту потребность, уменьшая дефицит влажности. Мы располагаем лишь скудными сведениями о количественном значении транспирации целых растительных сообществ. Майер дает следующие цифры (мм) для всего вегетационного периода:

трава и культурные полевые растения	229–254
лиственный лес	203–305
молодой лиственный лес и кустарники	154–203
хвойный лес	102–154

По В.И. Рутковскому (1948), смешанный лес потребляет слой воды около 250 мм.

Что касается отдельных древесных пород, то М.А. Великанов (1949) приводит следующие данные (мм), заимствованные у различных авторов:

дуб	130–220
береза	250–400
клен	300–450
сосна	100–250
ель	180–250

Интересная попытка теоретического исследования величины транспирации была сделана М.И. Будыко (1946). Однако сам автор считает, что проверка выдвинутых в ней гипотез затруднительна.

Эмпирические данные, на которых мы пока вынуждены базироваться, приобретают особый интерес, если их сравнить с изолиниями карты сум-

марного испарения (изоатмами) Европейской территории СССР. По этой карте (Троицкий, 1948) испарение в западной части области, охваченной лесонасаждением, достигает 400–450 мм, падает до 300 мм по линии Волга–Кама–Белая и ниже 200 мм у берегов Каспийского моря.

Таким образом, во всей восточной половине степной зоны фактическое испарение лишь не намного превышает потребности в транспирационной воде полевых культур и наименее требовательных деревьев (дуб, сосна). Небольшие отклонения осадков от средней многолетней нормы создают условия, при которых фактически возможное испарение оказывается меньше нормальной потребности растительного покрова, в результате – угнетение и гибель части посевов и лесных насаждений. Напряженность баланса лишний раз указывает на важность использования при его перестройке даже второстепенных статей.

При анализе возможных источников влаги, потребляемой сельскохозяйственными и лесными культурами, необходимо прежде всего обратить внимание на испарение с поверхности почвы. Величина его зависит от степени доступности почвы воздействию солнечных лучей и ветра, т.е. в первую очередь от густоты растительного покрова. Для обнаженных почв испарение до недавнего времени рассчитывалось по графику Майера. Он дает испарение за месяц в зависимости от среднемесячной температуры и среднемесячного количества осадков. Зависимость эта достаточно грубая, поскольку ею не учитываются скорость ветра, дефицит влажности и структура турбулентной диффузии – факторы, непосредственно влияющие на величину испарения. Все же график может дать представление о порядке величины $e_п$. Приведем для примера следующие взятые из него данные:

При $t_{ср.мес} = 18°$ и $r_{мес} = 25$ мм $e_п = 20$ мм.

При $t_{ср.мес} = 28°$ и $r_{мес} = 75$ мм $e_п = 50$ мм.

Таким образом, по Майеру, поверхность почвы, оставленная открытой, при обычных для юга Восточно-Европейской равнины условиях летней погоды, теряет через испарение бо́льшую часть выпадающей влаги.

М.И. Будыко (1948), отмечая слабую обоснованность графика Майера, дает анализ физической сущности испарения и выводит формулу, позволяющую перейти от испарения со свободной водной поверхности к испарению с поверхности почвы, находящейся в аналогичных условиях.

В этой же работе М.И. Будыко дает эмпирическую формулу суммарного испарения почвы и растительности в функции сальдо частного радиационного баланса R (поглощаемая радиация минус эффективное излучение земной поверхности) и количества осадков:

$$e = \sqrt{\frac{R_r}{L} th \frac{r L}{R} \left(1 - ch \frac{R}{Lr} + sh \frac{R}{Lr}\right)}, \qquad (5)$$

где L – скрытая теплота парообразования.

По этой же формуле им составлена таблица испарения для южной части Европейской территории СССР (см. таблицу).

В этой таблице для проверки правильности формулы (5) рядом с величиной e дается величина e_1 – то же испарение, но рассчитанное иным ме-

Определение испарения для южной части
Европейской территории СССР
(все данные относятся к годовому периоду)

Пункт	R, ккал/см²	r, см	q, см	$\frac{R}{Lr}$	e, см	$e_1 = r - q$, см
Гурьев	43	17	0	4,22	17	17
Астрахань	44	20	0	3,67	20	20
Волгоград	41	32	4	2,13	29	28
Уральск	36	30	4	2,00	26	26
Одесса	43	38	3	1,89	34	35
Кишинев	42	45	7	1,56	38	38
Саратов	35	38	6	1,54	32	32
Ворошиловград	41	45	6	1,52	37	39
Ростов-на-Дону	43	47	3	1,52	39	44
Куйбышев	32	41	6	1,30	32	35
Харьков	38	52	7	1,22	40	45
Тамбов	33	49	12	1,12	36	37
Воронеж	35	52	11	1,12	37	41
Житомир	35	54	11	1,08	39	43
Киев	36	56	8	1,07	41	48
Казань	28	47	15	0,99	32	32
Тула	30	56	16	0,89	37	40
Минск	31	62	24	0,83	39	38
Москва	28	60	20	0,78	36	40
Смоленск	29	65	22	0,74	38	43

тодом – по водному балансу. Приводится также величина $\frac{R}{Lr}$, весьма важная для характеристики условий увлажнения: она показывает отношение радиации, действительно расходуемой на испарение и турбулентный теплообмен с атмосферой, к тому ее количеству, которого было бы достаточно для испарения всех выпадающих осадков.

Транспирация сорняков протекает в среднем с той же интенсивностью, что и транспирация полевых сельскохозяйственных растений. Процент поглощаемой сорняками влаги целиком зависит от засоренности полей и при отсутствии борьбы с ними может быть очень велик.

Испарение снега наиболее интенсивно протекает в период снеготаяния, когда устанавливаются положительные температуры. По опытам Н.М. Горшенина, за этот период вдоль профиля, пересекающего лесные полосы и межполосные поля, в среднем испаряется 5,5% запаса всей воды, содержащейся в снеге. Однако в отдельные годы на участках с маломощным снежным покровом величина $e_{сн}$ может возрастать до 25%. Лесные полосы удлиняют период снеготаяния и тем самым увеличивают испарение снега, но эти потери с лихвой окупаются уменьшением гораздо более значительных потерь на поверхностный сток.

Наконец, испарение с поверхности водоемов ($e_в$) высчитывается по ряду эмпирических формул, которые приводятся в курсах гидрологии и метеорологии. Проверка параметров, входящих в эти формулы, производит-

ся экспериментально на испарителях, позволяющих установить зависимость между испарением и состоянием метеорологических элементов. Существующие конструкции испарителей еще не позволяют производить измерения с достаточной точностью. Для иллюстрации порядка величины испаряемости (мм/год) можно привести следующие данные (Иванов, 1948):

Каменная Степь	597	Одесса	861
Киев	660	Саратов	845
Харьков	705	Астрахань	936
Оренбург	736	Малый Узень	938

При проведении в жизнь плана полезащитных лесонасаждений испарение с поверхности водоемов должно увеличиться благодаря увеличению количества прудов и уменьшиться в связи с ослаблением половодий в реках, временных водотоков в оврагах и балках и т.д. В настоящее время трудно предсказать, получится ли в результате положительное или отрицательное сальдо. Во всяком случае, величина $e_в$ относительно мала, и даже возможное ее увеличение, несомненно, окупится пользой в различных отраслях хозяйства, которую принесут пруды.

Таким образом, основными ресурсами влаги, которые могут быть пущены по каналу транспирации культурных растений для увеличения коэффициента полезного действия влагооборота, являются поверхностный сток, испарение с почвы и транспирация сорняков. Растению нужно дать воду тогда, когда она ему требуется в связи с прохождением им определенных стадий жизненного цикла. Поэтому перестройка расходной части водного баланса практически должна сводиться к перераспределению влаги во времени и пространстве, в подведении ее к тем местам и в те сроки, которые обеспечивают наиболее эффективное ее использование. Значение снегозадержания как раз и заключается в накоплении и хранении запасов воды в течение зимы в снежном покрове, являющемся магазином влаги, и в переводе этих запасов весной в другое, подземное хранилище, откуда они расходуются растительностью по мере надобности в течение вегетационного периода.

Лесные полосы нуждаются в большем количестве влаги, чем межполосные поля, но они сами и концентрируют ее около себя путем накопления снега и перехвата склонового стока лесной подстилкой. При наличии плотных лесных полос снег собирается у опушек громадными сугробами. При ажурных и в еще большей степени при продуваемых полосах на территории леса и вдоль опушек создается лишь умеренное утолщение снежного покрова. При этом подбором правильной густоты насаждения можно добиться желательной степени рассредоточения запасов снега.

Если водораздельные ветрозащитные полосы получают добавочную влагу лишь путем перераспределения во времени и концентрации в пространстве запасов снега, то водорегулирующие полосы, расположенные на склонах вдоль горизонталей, имеют еще и добавочный источник снабжения: они перехватывают ливневый склоновый сток, аккумулируя его в лесной подстилке, почве и грунте под лесом.

О том, что для успешного произрастания лесных полос в южных степях, а также в некоторых районах северных степей и лесостепи недостаточно

осадков, выпадающих на площадь, занимаемую лесом, можно судить по статистическому анализу связи типов лесной растительности с количеством осадков, а также по наблюдениям, проведенным в стационарах Всесоюзного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Анализируя эти наблюдения, В.И. Рутковский (1948) приходит к выводу, что полновозрастные высокопроизводительные леса потребляют влаги на 100–150 мм в год больше, чем безлесные пространства. В степной полосе леса в мае потребляют влаги меньше, чем озимь, но с июня по сентябрь – больше.

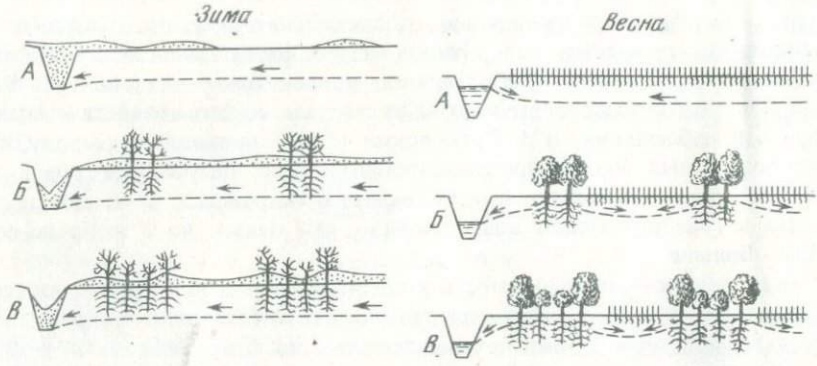
Таким образом, необходимость концентрации вод под лесной полосой не вызывает сомнения. Но здесь возникает естественный вопрос: окупается ли при этом существование лесной полосы, не "объедает" ли она соседние поля, которые призвана защищать от засухи? Именно так представляли себе дело противники лесонасаждения, утверждавшие, что лес сушит окружающие поля.

Эти сомнения теперь, когда выяснен в общих чертах механизм влагооборота в системе лесная полоса–поле, должны быть признаны неосновательными.

Лесная полоса потребляет влаги больше, чем поле. Но если полоса правильно сконструирована, то она получает ее не за счет прилегающих частей поля, а за счет уменьшения потерь на поверхностный сток, который она сама же и улавливает. При этом в большей части случаев лесная полоса из собранных запасов влаги еще уделяет часть ее межполосным пространствам.

На рис. 1, *А* показан профиль поля, полого спускающегося к оврагу, – случай, типичный для черноземной полосы. Зимой на склонах или на дне оврага (в зависимости от расположения его по отношению к господствующим ветрам) скапливается много снега, сдуваемого с полей. На полях его остается мало, и почва сильно промерзает (Козменко, 1938; Агролесомелиорация, 1948). Поэтому во время таяния бóльшая часть снега сходит поверхностным стоком. Весной по оврагам несется сильный поток, но на поле, не напитавшемся влагой, уровень грунтовых вод стоит низко. Летом он понижается еще больше. В зависимости от погодных условий ранней осенью или уже с середины лета корни злаков перестают добывать воду, растения испытывают угнетение или совсем погибают.

На рис. 1, *Б* тот же склон пересечен двумя узкими продуваемыми снизу лесными полосами, идущими вдоль горизонталей или (что предпочтительнее) параллельно бровкам гидрографической сети (Харитонов, 1938). Зимой около них собирается снег. Благодаря уменьшению скорости ветра слой снега на полях становится толще и равномернее. Весной растаявший снег лучше насыщает непромерзшую или слабо промерзшую под снегом почву, и горизонт грунтовых вод стоит высоко, особенно под лесными полосами, где снега было много. Часть грунтовых вод с подполосных повышений перетекает в сторону полей. Сток в овраг уменьшается. В течение лета лес расходует воду быстрее, чем поле, и под полосами создаются депрессии, которые отсасывают назад часть переданной весной воды. Но все же к осени уровень ее под полями выше, чем в случае *А*, и окрепшие от обильного весеннего увлажнения злаки достают корнями до влагосодержащего слоя.



Следует отметить, что чрезмерно густые лесные полосы с кустарником могут произвести обратное действие: уменьшить равномерность снежного покрова, особенно на нерасчлененных равнинах, где овраги не служат аккумуляторами снега (Полезащитные лесные полосы, 1937, ст. Панфилова).

На рис. 1, *В* изображены неправильно рассчитанные, слишком широкие лесные полосы. Увеличение ширины уже не дает добавочного накопления снега, так как его негде больше взять. Сколько можно было задержать, задерживали и узкие полосы. Много снега скапливается только на опушках. Соответственно весной именно под опушками уровень грунтовых вод особенно высок. Но летом не только опушки, а и середина леса, ничего не "заработавшая", требует усиленного снабжения влагой. Депрессия под полосой оказывается глубже, чем в случае *Б*, отток с полей сильнее, и злаки остаются без воды. Наконец, и сама середина полосы, впитав предназначавшуюся злакам воду, перестает до нее доставать и хиреет. Такие случае неоднократно наблюдались при посадках, если они производились без достаточного понимания физики процесса (Высоцкий, 1915, 1939).

Рис. 1 выполнен умышленно схематично (так же, как схематичны сопровождающие его пояснения), чтобы наглядно показать основные закономерности влияния лесных полос на уровень грунтовых вод. В действительности приходится учитывать ряд дополнительных обстоятельств: злаки обычно получают воду не прямо с зеркала грунтовых вод, а через посредство пленочной влаги; на насыщение почвы влияют летние осадки, иногда создающие второй, подвешенный горизонт и т.д., но все это не меняет сути дела.

Пунктирные кривые на рис. 1 в простейшем случае отражают действительный уровень грунтовых вод, во всех же остальных случаях они могут рассматриваться как кривые влагонасыщенности по поперечному профилю склона.

Из рассмотрения схемы становится ясна еще одна важная задача географического порядка: в каждом конкретном случае на основании составления баланса влаги можно рассчитать наивыгоднейшую густоту, ширину и частоту полос. Площадь лесных полос должна быть достаточно велика, чтобы они могли выполнять свои функции снегозадержания, борьбы с эрозией и ослабления ветров, но в то же время и не слишком велика, дабы "лесоподъемность" реконструируемого ландшафта не оказалась превышенной.

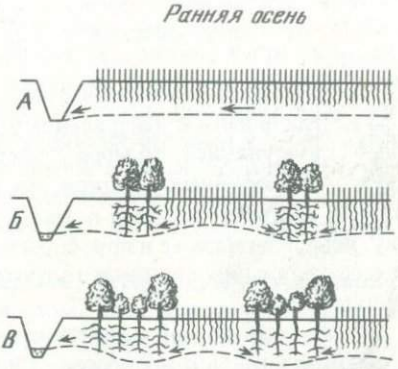


Рис. 1. Схема колебания уровня грунтовых вод

А – без лесных полос; *Б* – при правильно спроектированных полосах; *В* – при слишком широких полосах. Стрелки показывают направление движения грунтовых вод

При проектировании полезащитных лесонасаждений устанавливаются пределы ширины лесных полос разного назначения. Они намечаются с учетом значительного опыта, который уже имеется в этом деле в южных районах СССР. Пределы эти достаточно широки: например, для водорегулирующих полос – от 20 до 60 м. Эмпирические нормы ширины и частоты полос, разработанные русскими учеными и практиками–пионерами лесонасаждения, работниками опытных лесов и овражных станций, представляют весьма ценный материал и должны изучаться и повторно проверяться на практике. Но этим вся глубина задачи не исчерпывается. Дальнейшая разработка теоретических представлений и совершенствование методов наблюдений заставляют нас искать все более точные ее решения. Найти в каждом конкретном случае оптимальные размеры, зависящие от баланса тепла и влаги, крутизны и экспозиции склонов, глубины местных базисов эрозии, характера почв и т.д., – значит обеспечить успешное достижение поставленной цели. Для этого требуются дальнейшее расширение опыта, чувство меры и прежде всего знания, основанные на количественных данных, полученных путем измерений и наблюдений на местности.

По линии лесомелиорации важнейшей обязанностью географических и специальных метеорологических, гидрологических, почвенных и геоботанических научных организаций является разработка совместными усилиями методики как предварительных наблюдений за влияющими на жизнь леса факторами, так и базирующегося на них научно обоснованного расчета лесных полос и их конструирования.

БОРЬБА С УСКОРЕННОЙ ДЕНУДАЦИЕЙ

Если одна часть проблемы изменения природы степей заключается в перестройке баланса влаги, то другая сводится к изменению баланса твердого вещества почвы. Основной частью этой второй задачи является борьба с ускоренной денудацией.

В почвоведческой и агрономической литературе слову "эрозия" придается расширенное толкование, не принятое в географии. В "эрозию" (или в "эрозии" – во множественном числе) почвоведы и агрономы включают как русловую эрозию (эрозию в узком смысле), так и поверхностный смыв (склоновую эрозию) и, наконец, ветровое выдувание (дефляцию).

Перечисленные виды денудации вместе с инфильтрацией и растворением элементов почвы образуют расходную часть баланса почвенной массы. Положительные статьи баланса состоят из намыва (водной аккумуляции), навевания (ветровой или эоловой аккумуляции), прогрессивного захвата процессом почвообразования все новых слоев коры выветривания и пе-

рехода в состав почвы органического вещества. В конкретных случаях, понятно, не всегда имеются налицо все приходные и расходные статьи баланса.

В периоды относительной стабильности ландшафта баланс почвенной массы всегда близок к нейтральному. Там, где смыв и выдувание преобладают над аккумуляцией, по мере удаления верхнего слоя почвы воздействие воздуха, атмосферных осадков, колебаний температуры, корней растительности, микроорганизмов и землероев начинает распространяться на подпочву, перерабатывая ее и приобщая к почве. Таким образом, в нормальном процессе денудации нет ничего угрожающего сохранению постоянного уровня плодородия.

Если физико-географические условия меняются в сторону интенсификации экзогенных процессов, например в результате поднятия территории или усиления ветров, равновесие нарушается, твердый сток и выдувание увеличиваются и баланс почвенной массы становится отрицательным. Это приводит к укорачиванию почвенного профиля за счет уничтожения верхних, наиболее ценных горизонтов. Однако, по мере того как почва становится менее мощной, воздействие экзогенных факторов на подпочву облегчается, захват ее процессом почвообразования ускоряется, и через некоторое время вновь устанавливается относительное равновесие, но уже на новом уровне – при менее мощном почвенном профиле.

Сложнее реагирует почва на увеличение количества осадков. В этом случае усиление смыва в отдельных случаях компенсируется ускоренным развитием растительности и усилением деятельности микроорганизмов, так что уменьшения мощности почвы может и не наступить.

Все природные процессы, обусловливающие отрицательный баланс почвенной массы, обычно сопровождаются лишь медленной нормальной денудацией. Фактором, способным придать балансу почвенной массы характер катастрофически отрицательного, является деятельность человека. Однако такой результат совершенно необязателен. Известно, что умеренная пастьба скота благоприятно сказывается на качестве лугов, но усиленный выпас приводит к разрушению растительного покрова – главного хранителя почв и регулятора денудационных процессов. Точно так же и земледелие при глубокой вспашке, правильных севооборотах, внесении удобрений и т.д. увеличивает мощность почвы и улучшает ее качество. Но хищническая и безграмотная эксплуатация почвы приводит к усилению денудации и снижению ее качества, как это имело место в царской России во второй половине прошлого века.

Таким образом, борьба за положительный или на первых этапах нейтральный баланс почвенной массы в целом на подвергающихся денудации территориях должна вестись сразу в двух направлениях: за увеличение приходных статей и за уменьшение расходных. Обе эти задачи являются, с одной стороны, агрономическими, с другой – инженерно-географическими. Я умышленно ввожу здесь этот термин, чтобы подчеркнуть прикладное значение географии в разрешении рассматриваемой проблемы.

Следует помнить, что прекращение усиленной денудации с помощью лесных полос при всем своем громадном значении само по себе еще не гарантирует повышения плодородия почв. Последнее обеспечивается лишь целым комплексом мероприятий.

Переходя к территориям, являющимся полем преобладания воздушной или водной аккумуляции (плоские водоразделы, нижние части склонов, речные поймы и др.), следует заметить, что факт аккумуляции отнюдь не означает наличия в этих местах положительного сальдо почвенного баланса. При неизменных физико-географических условиях баланс и в этом случае близок к нейтральному. По мере отложения наносов аэрация нижних слоев почвы, ее увлажнение и жизнь организмов затрудняются: слои эти деградируют, метаморфизируются и выходят из состава современной почвы.

С точки зрения государственных интересов, интенсивная аккумуляция, так же как и денудация, всегда является злом. Если на поверхности культурных почв отлагаются бесплодные пески или глина, то вред этого процесса очевиден. Но даже в тех случаях, когда наносы сами плодородны, они всегда коррелятивны смытым почвам и свидетельствуют об идущем где-то в другом месте – выше по склону, вверх по реке или с той стороны, откуда дуют преобладающие ветры, – столь же энергичном процессе разрушения (Природа Орловского края, 1925). Поэтому борьба с аккумуляцией входит в план преобразования природы степей так же, как и борьба с денудацией, хотя последняя в условиях юга Европейской части СССР несомненно является главным врагом.

Из всех видов денудации наименее изученным является выдувание почв. Борьба с выдуванием ведется по двум направлениям. Первое направление ставит целью увеличение сопротивляемости почвы. Это достигается поддержанием комковатой структуры и влажности почвы, регулированием выпаса скота и др. Второе направление сводится к ослаблению действия самого разрушительного фактора – ветра. Именно эту цель преследует создание водораздельных лесных полос как преграды для суховеев. И именно в этом вопросе физика процесса является наименее изученной.

Поскольку законы движения жидкостей и газов качественно аналогичны, мы можем рассматривать взаимодействие между атмосферой и почвой как процесс, протекающий на дне потока. Роль течения здесь играет ветер, роль дна – подстилающая поверхность, в первую очередь почва и растительность. Таким образом, исследования в области гидродинамики позволяют сделать ряд выводов относительно роли воздушных течений в формировании подстилающей поверхности.

Интенсивность эоловых процессов зависит от силы воздействия ветра, которая пропорциональна квадрату его скорости (при значительных скоростях); поэтому даже небольшое изменение последней сказывается весьма чувствительно на интенсивности обработки ветром подстилающей поверхности. Для ослабления выдувающего действия ветра необходимо создать на его пути добавочное сопротивление, т.е. увеличить шероховатость подстилающей поверхности. Лучшим способом для этого является сооружение лесных полос.

При встрече ветра с наземными препятствиями часть кинетической энергии превращается в энергию вихрей. На периферии последних создаются более мелкие завихрения, энергия которых непосредственно переходит в теплоту. При встрече с рядом последовательных препятствий интенсивное перемешивание распространяется на все более высокие слои воздушного потока. Слой потока, обладающий наибольшими скоростями, пере-

мещается кверху. Внизу же создается область застоя или малых скоростей, в результате чего выдувание почвы уменьшается.

Однако искусственное усиление шероховатости не создает еще полной гарантии подавления дефляции. При общем уменьшении энергии, расходуемой на выдувание, происходит перераспределение ее в толще потока, вследствие чего в некоторых местах могут возникать новые местные очаги выдувания, чередующиеся с участками переотложения наносов. Аналогичные процессы возникают при перевевании снега. Поэтому работы по снегозащите могут быть в известной мере использованы при решении вопросов, касающихся выдувания (Полезащитные полосы, 1936, статья. Панфилова; Рихтер, 1945).

Из законов гидродинамики вытекает, что лесные полосы желательно проектировать в форме сплошных клеток, по возможности избегая разомкнутых контуров. При обходе препятствия сбоку ветер создает завихрение с вертикальной осью, обладающее большой подъемной силой. При переливании же ветра через препятствие сверху позади последнего создается горизонтальный вал (Фидман, 1948*б*), в котором обычно происходит выпадение взвешенной мути, т.е. аккумуляция.

В этом отношении наибольшими преимуществами обладают лесные полосы, которые, как правило, тянутся непрерывно на сотни километров. Следует, однако, помнить, что ветроломное действие полосы, каковы бы ни были ее ширина, высота и густота, не простирается далее километра (Мельниченко, 1949). Поэтому даже мощные водораздельные лесные полосы могут эффективно противодействовать воздействию суховеев только в том случае, если они окружены сетью дополнительных лесных полос.

Длина ветровой тени, вмещающей горизонтальный вал, зависит от отношения высоты лесной полосы к ее ширине, от отношения последней к ширине межполосного пространства, а также от густоты (степени ажурности) насаждения. При некоторых соотношениях не исключена возможность возникновения позади ветровой тени зоны выдувания (рис. 2). Именно этого явления и следует стремиться избежать.

Таким образом, при проектировании лесных полос на водоразделах задача сводится к расчету их наивыгоднейших параметров при господствующих направлениях и силе ветров. Полосы должны быть спроектированы так, чтобы с учетом ряда других факторов (гидрография, гипсометрия, размещение населенных пунктов и т.д.) рассеивать энергию ветра, по возможности не допуская создания местных очагов интенсивных эоловых процессов. Эта задача может быть решена только методами гидродинамики. Полученные данные должны быть проверены и согласованы с расчетом на "лесоподъемность" площади.

При современном уровне знаний основные качественные положения, очевидно, могут быть установлены путем теоретического анализа. Однако для получения количественных данных, могущих послужить базой технических расчетов, должны быть поставлены:

1) лабораторные эксперименты в аэродинамических трубах и гидродинамических лотках;

2) стационарные наблюдения на уже имеющихся лесных полосах.

В последнем случае должны проводиться измерения скоростей ветра, интенсивности выдувания, аккумуляции и испарения вдоль профилей,

секущих полосы и межполосные поля в разных направлениях. Наиболее простой формой выяснения структуры турбулентных потоков должны явиться систематические снегомерные наблюдения, имеющие также большое самостоятельное значение для изучения распределения зимних запасов влаги (Полезащитные лесные полосы, 1936, статья Панфилова).

Те же два метода исследования приобретают ведущее значение при изучении эрозии. Лабораторные работы по русловой эрозии проводятся, например, в Центральном научно-исследовательском институте речного флота, по склоновой эрозии – в Почвенном институте (Гуссак, 1946) и Институте географии (Великанов, 1947; Арманд, 1948б). Экспедиционные и



Рис. 2. Ветроломное действие лесных полос
1 – области выдувания; *2* – эоловая аккумуляция

стационарные работы по изучению эрозии велись многочисленными исследователями: почвоведами, географами, агрономами. Вопросам эрозии посвящены труды опытных станций, экспедиций Академии наук СССР и отдельных авторов (Эрозия почв, 1937; Борьба с эрозией почв в СССР, 1938; Соболев, 1948).

Таким образом, здесь нет надобности говорить о значении эрозии и создаваемых ею формах рельефа. Я остановлюсь лишь на некоторых количественных характеристиках и физической стороне вопроса, ясное понимание которой особенно необходимо теперь, когда поход против эрозии получил широкий размах.

Попытки определить среднюю величину твердого стока для целых областей базируются пока на недостаточном числе данных. Однако приводившиеся в литературе цифры показывают порядок величины тех потерь, которые до последнего времени можно было наблюдать в степной и лесостепной зонах.

В овражной Орловской области каждое весеннее таяние уносит со склонов южной экспозиции в среднем 16 т почвы с гектара. При этом сносится самая ценная часть почвы – гумусный горизонт. По данным Новосильской опытно-овражной станции, при 5–10 т твердого стока гектар почвы теряет 20–30 кг азота. На правобережье Волги у Хвалынска весенний смыв достигает 80 т/га. До Великой Октябрьской социалистической революции в Воронежской губернии только по четырем уездам овраги захватывали в год 2000 га ($^1/_{70}$ часть площади). Даже позже, в 30-х годах, один Айдарский сельсовет в Воронежской области терял в год более 400 тыс. т черноземной почвы. Весьма велики были также потери при отдельных сильных ливнях. В черноземной полосе они достигали 50 т/га (слой 5 мм) за один ливень и максимально даже до 500 т/га (Панков, 1937; Сильвестров, 1938; Агролесомелиорация, 1948, статья А.М. Козменко).

По мутности рек подсчитано, что с поверхности Русской равнины

в среднем сносится в виде взвешенных наносов 23 т/км^2, в виде донных – 0,5 т/км^2 и в растворе – 45 т/км^2.

Таким образом, средняя интенсивность денудации – около 0,03 мм в год. В США значительно больше – около 0,04 мм в год (Волин, 1946). Последние цифры включают уже не только склоновую, но и русловую эрозию.

Интенсивность эрозии в зависимости от ряда физико-географических условий изменяется даже в пределах одного колхозного поля. Чтобы сделать борьбу с эрозией возможно более успешной, важно изучить связи между интенсивностью сноса почво-грунтов и отдельными влияющими на нее факторами. Такое изучение должно основываться на большом количестве измерений в природе и эксперментов в лаборатории, обработанных методами математической статистики.

Для разработки методики количественных измерений эрозии и корелятивной аккумуляции особенно много сделано Почвенным институтом. В монографии С.С.Соболева (1948) и в других трудах по эрозии дается описание этой методики и приводятся многочисленные данные измерений, дифференцированные по характеру почв, крутизне и длине склонов и т.д.

К сожалению, С.С.Соболев не делает попытки обобщить наблюдения над интенсивностью эрозии в виде формулы, хотя бы эмпирической. Такая формула, пока еще не проверенная в наших условиях, дается в работе Р.Е.Хортона (1948)[2].

Формула Хортона представляет принципиальный интерес, указывая то направление, в котором следует вести исследования, но сама по себе она весьма несовершенна. Она громоздка и требует ряда измерений на местности. К недостаткам ее относится также выражение средней эрозии не в функции первичных определяющих ее факторов, каковыми являются интенсивность осадков, сопротивляемость почвы эрозии, инфильтрационная способность почвы, коэффициент шероховатости (включая влияние растительного покрова), угол склона и длина склона, а в функции производных величин, которые сами являются сложными функциями первичных и могут быть определены лишь экспериментально.

Сопряженные процессы водной эрозии и аккумуляции протекают за счет расхода потенциальной энергии, которой обладает вода, выпадающая на поверхность суши в виде осадков. Величина энергии зависит от слоя стока и разности уровней между местом выпадения осадков и базисом эрозии. При стекании воды под действием силы тяжести потенциальная энергия ее переходит в кинетическую. При этом, однако, как правило, не наблюдается постоянного ускорения. Дело в том, что струя, возникшая при дожде или таянии снега, должна преодолевать на своем пути трение о поверхность почвы и растительный покров. При этом часть энергии переводится в тепло. Если поток обладает мощностью, достаточной для преодоления сцепления частиц, слагающих русло, начинается процесс эрозии, на которую также тратится часть энергии. Наконец, третья часть ее расходуется на перенос оторванных частиц, точнее, на преодоление трения этих частиц о наклонное русло, так как параллельная

[2] Редакцией русского перевода исправлена ошибка, содержавшаяся в формуле, приведенной в оригинале.

ложу составляющая веса наносов недостаточна для продвижения их при обычных углах наклона потоков.

После всех потерь, при которых энергия потока прямо или косвенно превращается в теплоту, редко остается излишек ее, который мог бы пойти на ускорение потока. Обычно энергия потока полностью расходуется на трение, размыв и передвижение наносов. В каждом конкретном случае соотношения указанных выше факторов определяют степень эрозии.

Энергетический баланс равномерного потока можно описать формулой

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + E + T, \qquad (6)$$

где h_1 и h_2 – высота сечений 1 и 2 над базисом эрозии; v_1 и v_2 – скорости в этих же сечениях; E – механическая работа единицы веса воды (эрозия и перенос) между этими же сечениями; T – потери на трение; g – ускорение силы тяжести. Уравнение составлено, как это принято в гидравлике, в линейных единицах (единицах напора); v_1 в общем случае приблизительно равно v_2.

Сокращая их, получаем

$$h_1 - h_2 = E + T, \qquad (6а)$$

т.е. потенциальная энергия, уменьшаясь от верхнего створа к нижнему, целиком расходуется на работу сил трения и на перестройку русла. Если, как это обычно бывает в нижней части склона, угол наклона вниз по течению уменьшается, то соответственно уменьшается и скорость течения. Тогда количество энергии становится недостаточным для передвижения наносов, и они начинают осаждаться. Эрозия сменяется аккумуляцией.

Я позволил себе небольшое отступление в область физики, чтобы подчеркнуть, что эрозия на легко размываемых породах не является "несчастным случаем" или незаконным детищем атмосферных осадков, как иногда считают, но закономерным и неизбежным в естественных условиях процессом, сопровождающим один из этапов круговорота влаги – от выпадения на поверхность суши до излияния в море.

Вода на этом пути не может не произвести работы, равной ее весу, умноженному на высоту перепада. Задача человека заключается в том, чтобы заставить ее произвести работу полезную или по крайней мере безвредную и лишить ее возможности производить работу разрушительную.

Общеизвестным примером использования потенциальной энергии воды является строительство водяных двигателей и в наше время, в частности, гидростанций. Среди мероприятий по преобразованию природы степей воможности такого рода строительства также предусмотрены. Часть прудов, которые будут созданы в верховьях балок и долинах рек, несомненно сможет быть использована для получения гидроэнергии. Однако при намеченном хозяйственном профиле черноземной полосы и при дефицитности воды наиболее рациональным является направление большей части ее на выполнение биологических функций. В этом случае

речь идет уже не о том, как целесообразнее израсходовать потенциальную энергию воды в процессе ее падения к базису эрозии, а как вообще предотварить это падение и, использовав часть поглощаемой солнечной радиации, превратить воду в пар и поднять обратно в воздух, пропустив предварительно через организмы культурных растений.

Именно с этой целью производится задержание влаги в почве, о котором говорилось выше. Именно для этого насаждаются регулирующие лесные полосы и производится залужение ложбин стока, роются валы вдоль горизонталей, производится крестование и т.д. Преимущественно для этого создаются и пруды, связанные с системами искусственного орошения. Раз вода задержана в почве, она неизбежно втягивается в "двойные насосы" растений, приводимые в движение солнцем через всасывающие механизмы корневых волосков и испаряющие механизмы поверхности листьев.

Таким образом, обе задачи – питания растений влагой и борьбы с эрозией – оказываются неразрывно связанными и наилучшим образом решаемыми совместно.

Задерживанием влаги у различных барьеров, однако, не исчерпывается борьба с эрозией. Поверхностный сток прекращается полностью лишь при террасировании склонов – приеме, наиболее радикальном, но и наиболее дорогом, который оправдывается лишь там, где пологих склонов мало и поневоле приходится обрабатывать крутые. Можно предполагать, что этот способ регулирования стока является способом будущего и найдет более широкое применение по мере дальнейшего развития техники экскаваторных, взрывных, водобойных и других способов передвижения больших масс земли (Гуссак, 1938).

Террасирование, однако, приносит пользу не при всяких физико-географических условиях. Так, для тяжелых почв оно противопоказано. Повальное и неумелое террасирование в США местами привело к усилению эрозии и снижению урожаев.

При барьерах любой конструкции, кроме террас, вода должна пройти по поверхности склона известное расстояние до поставленного перед ней препятствия. При этом она неизбежно будет стремиться начать "привычную" работу эрозии. Для предотвращения мелких, но опасных своей повсеместностью межбарьерных форм эрозии существуют два средства: 1) увеличение шероховатости склона и 2) правильный расчет интервалов между барьерами и правильный выбор конструкции самих барьеров (Харитонов, 1938).

Из предыдущего ясно, что увеличение шероховатости имеет целью израсходовать на трение весь запас энергии первичных потоков, не оставив ничего для механической работы по отрыву и переносу частиц почвы. Любопытно, что в этом случае понятия, к которым мы привыкли в технике, меняются на обратные: механическая работа рассматривается как вредные потери, а потери на трение, т.е. на тепловое рассеяние, – как наилучшее возможное при данных обстоятельствах употребление энергии.

Увеличение шероховатости межполосных и межбарьерных полей достигается пахотой и боронованием поперек склонов, крестованием, увеличением кормовых трав, оставлением при уборке высокой стерни и т.п.

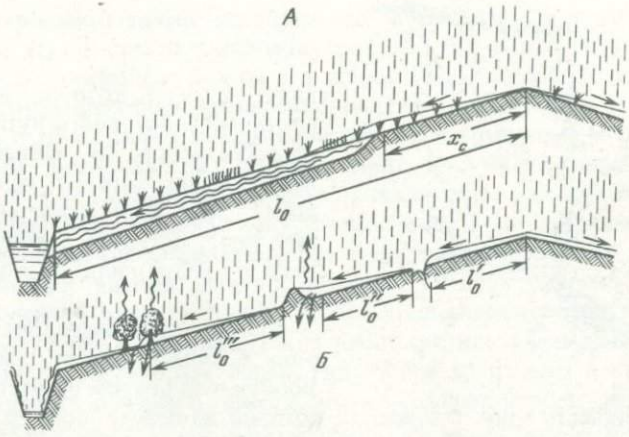


Рис. 3. Склоновый сток во время дождя (поперечный профиль)

А – при отсутсвии противоэрозионных сооружений; *Б* – с противоэрозионными сооружениями (дренажная канава, вал, лесная полоса). Пояснения см. в тексте

Расчет интервалов между барьерами и выбор места для них должны производиться с учетом целого ряда физико-географических условий на основе правильного понимания механизма эрозии. Механизм этот в основных чертах следующий. Дождевые воды или тающий снег в начале поступления на поверхность почвы энергично в нее впитываются. Однако по мере увлажнения инфильтрационная способность почвы падает, пока не достигнет некоторой постоянной величины. Если этот установившийся слой инфильтрации, впитывающийся в единицу времени, превышает соответствующий слой осадков, никакого поверхностного стока не возникает. Если же слой осадков больше, то на поверхности образуется тонкая пленка воды, так называемое "поверхностное задержание" (Хортон, 1948). Пленка тотчас начинает скользить, разбиваясь на струйки между комьями земли и побегами растений (рис. 3).

Прослеживая первичные струйки, начиная от водораздела, мы видим, что вначале они слабы и неспособны производить эрозию. Однако постепенно их кинетическая энергия возрастает. Даже в том случае, когда вся их энергия тратится на преодоление трения и скорость остается постоянной, увеличение энергии все же происходит за счет массы, непрерывно получающей пополнение от капель дождя или тающего снега, вливающихся в струю в каждой точке ее пути. Таким образом, $\frac{mv^2}{2}$ растет если не за счет v, то за счет m.

На некотором расстоянии x_c от водораздела сила, с которой поток стремится оторвать частицы почвы, становится больше, чем сила сцепления этих частиц. С этого места начинается эрозия.

Пояс шириной x_c, вытянутый вдоль водораздела, можно назвать поясом отсутствия эрозии (А.М. Козменко называет его приводораздельным фондом). И там, где он кончается, т.е. именно на расстоянии x от водораздела, и должен быть поставлен первый барьер, перехватывающий

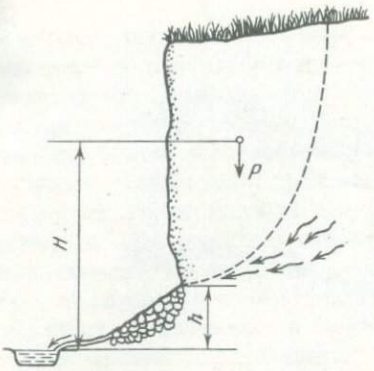


Рис. 4. Расширение оврага под действием грунтовых вод

воду, энергия которой ниже этого места способна достигнуть угрожающих размеров. В зависимости от конструкции барьера перехваченная вода прямо переключается на транспирацию, поступает в подземные магазины влаги или направляется в пруды.

При особо неблагоприятных условиях x_c может свестись почти к нулю. Вообще под поясом отсутствия эрозии следует понимать зону, в пределах которой на поверхности не возникают эрозионные рытвины. Овраг же, возникший ниже, в своем попятном росте, если ему не ставить препятствий, может пересечь эту зону и даже выйти на противоположный склон. Последнее особенно часто случается, когда подземный водораздел не совпадает с поверхностным.

Ниже барьера, представляющего своеобразный водораздел на склоне, возникают новые дождевые струи, вначале также слабые и неопасные. На расстоянии x_c^1, которое может быть и не равно x_c, если крутизна склона или характер почвы здесь иные, должен быть сооружен второй барьер и т.д.

Выбор интервалов между барьерами (l_0', l_0'' ...) может производиться или по наблюдениям на месте, или на основании расчета, который, однако, требует определения лабораторным путем инфильтрационной способности и сопротивляемости почв эрозии, различных для каждого их типа. Расчет осложняется тем обстоятельством, что при дождях разной интенсивности получается каждый раз другое x_c: чем сильнее дождь, тем уже пояс отсутствия эрозии. Выход из положения может быть найден только путем статистической обработки данных метеостанций о повторяемости осадков различной интенсивности. Для каждого района должна быть подсчитана обеспеченность дождей разной силы, т.е. вероятность того, что в течение года выпадает в единицу времени то или иное количество осадков. Понятно, что чем на более сильный (и соответственно менее вероятный) ливень мы будем рассчитывать противоэрозионные сооружения, тем дороже они будут стоить. Поэтому норма обеспеченности осадков, положенная в основу расчетов, должна быть установлена из экономических соображений с учетом степени риска, так, как это делается, например, при постройке мостов.

Норма обеспеченности должна приниматься во внимание и при конструировании самого барьера. Если барьером служит лесная полоса, она должна иметь такую ширину и обеспечивать такую пористость и шероховатость подстилки и почвы, чтобы весь сток лежащего выше межполосного пространства при осадках, предусмотренных принятой нормой, поглощался ею полностью и не переливался на следующее лежащее ниже поле.

Особый тип почвенной эрозии – солифлюкция – возникает на распаханных и промерзших склонах весной. Таяние начинается с поверхности,

и талые воды, не имея возможности впитываться в грунт, насыщают почву до такой степени, что она превращается в почвенную эмульсию, всей массой стекающую в овраги. Главной мерой борьбы с этим явлением служит снегозадержание, уменьшающее промерзание почвы.

Почва и грунт, через которые фильтруются грунтовые воды, являются идеальным поглотителем потенциальной энергии выпавших осадков. Благодаря узости и извилистости капилляров, по которым вынуждена прокладывать себе дорогу вода, бóльшая часть ее энергии тратится на преодоление трения и поверхностного натяжения в тонких пленках, обволакивающих частицы горной породы. Остаток энергии расходуется на постепенное преобразование той толщи, через которую протекают грунтовые воды, и вызывает такие процессы, как вымывание мелкозема (кольматаж), растворение солей, гидратация минералов и т.п. За исключением особых случаев (карст), они не создают угрозы разрушения поверхности.

Однако и в процессе грунтового стока таится опасность. Если подземные воды выходят не в русло реки, а в нижнюю часть склона долины или оврага (рис. 4), то у них остается еще небольшой запас энергии $w = pH$, пропорциональный массе вытекающей воды и превышению родника над урезом ручья или тальвегом. Этот остаток может вызвать весьма серьезные и нежелательные последствия.

На склонах долин, рек и балок, в нижней части обычно довольно пологих и задернованных, родники вызывают явления оплывания, причем дерновый покров иногда остается ненарушенным, он лишь сползает, деформируется и растягивается под давлением сдерживаемой им массы набухшей почвы.

В иных формах проявляется действие родников, выходящих у подножия крутой или отвесной стенки оврага. Иногда в этих случаях грунтовые воды заболачивают днище оврага, а разросшаяся болотная и влаголюбивая растительность закрепляет подножие склона, вследствие чего рост оврага прекращается (Козменко, 1938). Но нередко осыпь, идущая со склона, забивает растительность. В этом случае грунтовые воды получают возможность остаток своей энергии тратить на вымывание частиц почвы. Если им удается проложить относительно широкие подземные каналы, частицы начинают выноситься с большой глубины, развивается процесс суффозии, отражающейся просадками за бровкой склона. Но даже и в том случае, когда частицы отрываются лишь в непосредственной близости от выхода родника, происходит подмыв берега, угрожающий обвалом или оползнем.

Всякий участок земной коры, лежащий выше базиса эрозии, обладает запасом потенциальной энергии $w = pH$ (см. рис. 4). По сравнению с потенциальной энергией осадков этот запас чрезвычайно велик, так как велика масса и плотность земной коры. Именно эта величина pH и может быть названа в буквальном, а не в переносном смысле энергией рельефа.

Если участок земной коры лежит далеко по горизонтали от базиса эрозии, его запас энергии не может произвести никакой работы. Однако чем короче и круче склон, отделяющий данную массу от базиса, тем более она приближается к состоянию неустойчивого равновесия. Крутой склон оврага находится под действием, с одной стороны, силы тяжести,

стремящейся произвести его обрушение, с другой — сил сцепления частиц грунта, привязывающих его к монолиту. Вымывание небольшой ниши близ точки опоры наивысшего склона, произведенное ничтожной энергией родника, может нарушить неустойчивое равновесие противоположных сил и освободить огромную потенциальную энергию самого склона, которая перейдет в кинетическую энергию медленно скользящего оползня или катастрофического обвала. Энергия родника играет здесь роль пистона, вызывающего освобождение мощного запаса химической энергии ружейного заряда.

Овраги, растущие вширь и вверх за счет обрушения склонов и сохраняющие благодаря выносу рыхлого материала паводками форму ендовы с плоским дном и крутыми склонами, довольно обычны. Это указывает на то, что с прекращением поверхностного стока борьбу с эрозией не везде можно считать оконченной. Для предотвращения обвальной и оползневой эрозии в оврагах разработан ряд мер. Наиболее эффективно закрепление склонов растительностью, преимущественно смешанной — древесно-кустарниковой и травянистой. Первая развивает глубокие корни, связывающие грунт на большую глубину, вторая гасит энергию родников и препятствует вымыванию мелкозема. Более крупные родники каптируются. Часто может помочь создание водоохранных полос или дренажных канав непосредственно над бровкой для перехвата той части поверхностного стока, которая впитывается в грунт недалеко от оврага. Наконец, постройка плотин или плетеных барьеров поперек тальвегов балок, главной целью которой является прекращение донной эрозии, оказывает благоприятное действие и на родники, так как приводит к подпору их намытыми террасами и предотвращает разрушение склонов. Террасирование молодых растущих оврагов затруднительно и редко оправдывает расходы.

Изучение наиболее разумных способов закрепления склонов оврагов и балок также является географической задачей. Должен быть намечен ряд методов, дифференцированных в зависимости от типа и возраста оврагов и балок.

Особо ответственной задачей является разработка комплекса мероприятий, связанных с приречными лесными полосами. Каждая река имеет, с одной стороны, положительное значение как водный путь, источник водоснабжения, рыболовное угодье и т.д., с другой — отрицательное как очаг эрозии и источник наводнений. Приречные лесные полосы должны обслуживать реку, усиливая положительные ее свойства и ослабляя отрицательные. Поэтому они должны пересекать водосборы приречных оврагов, препятствуя их росту и регулируя сток, или располагаться в пойме, где они могут укреплять берега и защищать пойменное земледелие от заносов полей илом. Вынос приречной полосы на местные водоразделы, как правило, не может быть признан целесообразным, так как при этом она лишь немного усиливает ветроломное действие колхозных полос, но отрывается от специально "вверенного" ей сложного и ответственного объекта. Словом, приречная полоса должна быть в первую очередь водоохранной и противоэрозионной, а ветроломной — лишь по возможности.

СПЕЦИАЛЬНОЕ И ЛАНДШАФТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Из приведенного выше анализа природных процессов, протекающих в степной и лесостепной зонах, ясно, что успех в деле преобразования природы степей, так же как и всякого другого ландшафта, кроется в овладении природными процессами. Он становится возможным тогда, когда понят механизм процесса и найдены средства управления им.

В зависимости от местных особенностей тех или иных процессов, сводящихся к различиям их механизма, интенсивности, годового хода, распределения в пространстве и т.д., способы управления ими будут различны. Поэтому одной из первоочередных работ, подлежащих выполнению силами географических учреждений, является физико-географическое районирование перестраиваемой территории.

Районирование должно выражаться в выделении на карте ареалов распространения именно тех факторов, от которых зависит выбор методов практического воздействия на процессы, подлежащие обузданию. Такие факторы могут быть также процессами (например, выпадение осадков, которое надо районировать по интенсивности, характеру и годовому ходу) или предметами, т.е. элементами ландшафта (например, рельеф, который надо районировать по длине склонов, амплитудам высот, средним уклонам и т.д.).

Важное значение имеет геоботаническое районирвание. Дикая растительность – зеркало физико-географических условий. Искусственно создаваемые природные комплексы должны быть органически связаны, закономерно вытекать из вытесняемых ими естественных комплексов, должны являться раскрытием потенциальных возможностей, скрытых в ландшафте (Раменский, 1938; Солнцев, 1948).

Так как ни один природный фактор не является самодавлеющим, но оказывает влияние на хозяйственную деятельность человека во взаимодействии с рядом других, специальное районирование должно завершаться комплексным ландшафтным районированием. Для последнего желательно разработать такую легенду, чтобы площади, выделенные в низшие таксономические единицы, сохраняли единообразную структуру по всем основным элементам ландшафта, т.е. принадлежали к какой-нибудь одной классификационной единице на каждой специальной карте. К каждой позиции легенды ландшафтной карты должен быть привязан определенный "рецепт" организации территории, т.е. "усовершенствования" ландшафта данного типа. Разумеется, такой рецепт может содержать лишь общие указания, облегчающие выбор практических мероприятий, указания, позволяющие составить первое проектное задание по предстоящим работам. Что касается выполнения детальных рабочих чертежей для определенной местности, то оно может производиться в рамках этого задания лишь по данным полевого обследования силами местных и ведомственных работников. В этой стадии выполнения плана главной задачей географов является пропаганда правильных современных представлений о природных процессах, т.е. тех элементов теории, которые должны быть положены в основу всех практических мероприятий.

Важнейшим этапом ландшафтного районирования является разработка типологии ландшафтов, т.е. сведение бесконечных сочетаний элементов

физико-географической среды к ограниченному числу типов, каждый из которых подлежит улучшению определенным способом. Это позволит разобраться в огромной пестроте местных условий и практически предусмотреть в подготавливаемых инструкциях приемы мелиорации всех распространенных в степной зоне ландшафтов.

При составлении ландшафтных карт должна учитываться динамика ландшафтов, т.е. направление природных процессов. Поскольку, однако, изучение последних невозможно при однократном посещении местности, должны быть разработаны методы приближенного суждения о процессах по их следам, а также использованы возможности опроса населения (о режиме рек, микроклимате, миграциях фауны и др.).

Работы будут производиться в основном в густонаселенных, почти сплошь распаханных местностях. Поэтому под ландшафтным районированием должно пониматься нечто более сложное, чем физико-географическое районирование, а именно районирование культурного ландшафта с отражением в легенде всех тех результатов человеческой деятельности, которые наряду с природными факторами имеют значение для составления проектов мелиорации.

Культурно-ландшафтные карты должны дополняться экономико-географическими, отражающими уже чисто хозяйственные факторы, влияющие на способы осуществления плана, как, например, сельскохозяйственный профиль района – существующий и будущий, размещение населенных пунктов, МТС, лесозащитных станций и т.п. Поэтому участие экономико-географов в работе по ландшафтному районированию обязательно.

Выше мной был сделан упор на физику природных процессов, потому что без ее ясного понимания невозможен сознательный подход к проектированию природных комплексов.

Мы должны привыкнуть смотреть на природу как на материал для постройки задуманных культурных ландшафтов и тщательно разрабатывать технологию этой новой отрасли производства.

По мере развития усовершенствованных культурных ландшафтов необходимо будет все больше внимания уделять улучшению старых и выделению новых заповедников – этих документальных памятников естественной истории. Однако заповедники нужны нам не только как памятники, как реликтовые ландшафты. Они имеют большое значение и как естественноисторические лаборатории, питомники диких видов животных и растений и "эталоны" для оценки достигнутых успехов в преобразовании природы (Келлер, 1938).

ПРЕДСКАЗАНИЕ ОБЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДЫ СТЕПЕЙ

Одновременно с участием в разрешении конкретных проблем проектирования лесных полос и всего сопутствующего им комплекса технических и агрономических мероприятий географам необходимо бросить взгляд в будущее и попытаться предсказать последствия более широких и косвенных влияний этих мероприятий на ход отдельных составляющих физико-географического процесса.

Осуществляемое преобразование природы степей затрагивает так много ее компонентов и благодаря невиданному своему масштабу содержит

так много элементов новизны, что никакие точные прогнозы в настоящее время невозможны. Это обстоятельство, однако, не дает нам права уклоняться от определения хотя бы порядка тех количественных показателей, которые будут характеризовать физико-географическую среду степной зоны на отдельных этапах осуществления плана. Для получения возможно точных предвычислений придется идти путем постепенного приближения, с каждым годом внося поправки на основе уже сказавшихся результатов осуществления плана. Нет сомнений, что с каждым пересчетом оправдываемость результатов будет повышаться.

Одним из наиболее важных объектов предвычислений является колебание уровня рек, бассейны которых лежат в области полезащитного лесонасаждения. Особенно существенное значение имеет предвычисление весеннего половодья, а для малых рек — также ливневых паводков.

Чтобы вычислить вероятность того или иного события, в данном случае пикового расхода реки, необходимо или знать теоретически закон распределения переменной величины, или иметь весьма длинный ряд наблюдений, позволяющий вывести этот закон методами математической статистики.

Сложность и множественность факторов, влияющих на ход паводка, пока не позволяют построить теоретическую формулу обеспеченности того или иного расхода. Что касается рядов наблюдений гидрометрических станций, то они, во-первых, для большей части рек слишком коротки, во-вторых, теряют в настоящее время свое значение, так как по мере выполнения плана лесонасаждения и регулирования стока с каждым годом будут меняться те физико-географические условия, которые определяли кривые расхода рек в прошлом.

М.А. Великановым (1949) сделаны первые шаги в разработке метода предвычислений снеговых половодий на основании рядов не гидрологических, а влияющих на режим рек менее сложных метеорологических факторов. В качестве таковых избраны два, наиболее тесно связанных с ходом половодья: величина снегозапасов и длительность снеготаяния.

В условиях стабильности атмосферного процесса эти факторы имеют то преимущество, что по ним накоплены относительно длинные ряды наблюдений, причем для числа пунктов метеосети значительно большего, чем число пунктов гидросети.

При изменении физико-географических условий наблюдения по снегозапасам не полностью обесценятся, так как имеющиеся данные опытных станций о влиянии лесных полос и других методов снегозадержания на величину запасов снега позволяют внести поправку в данные других станций, пока лишенных лесозащиты. Снегозапасы являются важнейшей приходной статьей водного баланса и должны предвычисляться не только как фактор, влияющий на речной сток, но прежде всего как фактор, влияющий на урожай. Поэтому методы предварительного расчета снегозапасов должны разрабатываться в первую очередь. Во избежание недоразумений следует подчеркнуть, что речь может идти не о прогнозировании количества снега, которое выпадет, например, в 1965 г. (это было бы совершенно нереально), а о вычислении вероятности того, что его количество будет тем или иным в зависимости от не поддающихся

предвидению условий погоды, а это позволит судить о состоянии лесных полос и других средств снегозадержания.

Второй фактор, влияющий на ход половодий, – длительность снеготаяния – в свою очередь определяется ходом весенней температуры и скорости ветра в приземном слое. Температура в меньшей степени, а скорость ветра в большей также будут изменяться по мере роста лесных полос. Первые прогнозы половодий, очевидно, могут быть сделаны на основе старых рядов, собранных метеостанциями за длительный период времени. Но по мере роста посаженных деревьев сами исходные метеорологические элементы – температура и сила ветра – будут меняться. Таким образом, предвычисление гидрологических элементов, и в частности весенних половодий, может производиться лишь одновременно и по мере предвычислений климатических элементов. При этом предвычисления должны составляться не в средних годовых показателях, а динамически, в форме предполагаемых кривых годового хода.

Возможность прогноза ожидаемых изменений климата в результате увеличения площади лесов ограничивается слабой изученностью проблемы взаимодействия между атмосферой и подстилающей поверхностью. Очевидно, в этом направлении должны быть сосредоточены усилия климатологов.

Формирование погод над снежным покровом протекает иначе, чем над обнаженной землей, причем влияние снега на теплые, холодные и местные трансформируемые массы воздуха различно (Фельдман, 1948). Увеличение площади, занятой лесами, и вообще перестройка водного баланса не могут не повлиять на количество осадков. Тот факт, что попытки установления связи между лесистостью и осадками дали сбивчивые или отрицательные результаты с коэффициентами корреляции, близкими к нулю, отнюдь не опровергает это положение (Степанов, 1938). Он показывает только, что пары, поступающие в атмосферу вследствие увеличения транспирации лесом, могут выпасть дождями не обязательно над лесом же, но в равной мере и над соседними безлесными пространствами. Именно такого результата и следовало ожидать, если учесть, что речь идет о зоне западного переноса, в которой господствуют длительно действующие и захватывающие громадные пространства воздушные течения. Процесс внутреннего влагооборота слишком крупномасштабен, чтобы можно было надеяться получить высокую корреляцию между лесистостью отдельных районов и влажностью климата. Именно поэтому серьезные попытки мелиорации климата возможны лишь при наличии двух предпосылок: во-первых, планового социалистического хозяйства, во-вторых, территории, соразмерной с площадью континента.

В связи с этим приобретает большой интерес проблема водного баланса атмосферы, поднятая в последней работе В.В. Цинзерлинга (1948)[3]. До последнего времени сравнительно хорошей изученности водного баланса

[3] Взгляды В.В. Цинзерлинга на влагооборот в атмосфере и осуществленные им расчеты в настоящее время устарели. Современная концепция по этому вопросу изложена О.А. Дроздовым (Дроздов, Григорьева, 1971), и с ее основными положениями согласны большинство ученых. Однако независимо от изменения представлений о механизме и параметрах влагооборота в атмосфере анализ роли лесных полос, выполненный Д.Л. Армандом, сохранил свою ценность. – *Примеч. ред.*

суши противостояло почти полное отсутствие количественных данных о водном балансе атмосферы. Между тем прогресс советской науки и техники, не отстающий от возрастания мощи народного хозяйства СССР, позволяет отбросить старое представление, согласно которому содержание и движение атмосферной влаги лежат вне человеческой власти. В свете решения проблемы преобразования природы степей становится реальной задача "прибрать к рукам" водные запасы атмосферы. В работе В.В. Цинзерлинга как раз и делается попытка подойти к ним по-хозяйски и поставить их в ряд с полезными ископаемыми, которыми богата наша страна, а для этого в первую очередь оконтурить "месторождения" и подсчитать их запасы.

Результат подсчетов виден в диаграмме водного баланса атмосферы (рис. 5, *А*).

Средняя многолетняя величина внешних осадков (*а*), поступающих с океана, не зависит от хозяйственной деятельности человека и в пределах значительных периодов времени остается неизменной. Зато непосредственным результатом лесонасаждения и противоэрозионных мероприятий будет сокращение стока (*с*), значительная часть которого переключится в канал испарения (*d*). Часть добавочно испарившейся влаги вновь выпадет в пределах Восточно-Европейской равнины, т.е. пойдет на увеличение внутренних осадков (*в–а*), часть сойдет атмосферным стоком (*е*) в Сибирь и Среднюю Азию. Дополнительные внутренние осадки вновь разойдутся по каналам стока и испарения, так что реки в конечном счете получат почти столько же воды, сколько и раньше; увеличение же количества влаги, потребляемой растениями, произойдет за счет повышения коэффициента влагооборота. Речной сток уменьшится только в самой западной части нашей степной полосы, так как она не будет получать добавочной влаги из еще более западных областей, лежащих за рубежом (если и там не будут осуществлены соответствующие мелиоративные работы).

Влага, приносимая с Атлантического океана в степную и лесостепную зоны Восточно-Европейской равнины, в настоящее время в основной массе сбрасывается в южные моря реками, текущими в меридиональном направлении (отработавшая вода). На долю каждого следующего, расположенного далее на восток бассейна достается все меньше осадков (рис. 6, *А*). Ограничение поверхностного стока заставит значительно большие массы воды возвращаться в атмосферу и участвовать во внутреннем влагообороте (активная вода). Значительные объемы влаги будут последовательно передаваться в засушливые восточные бассейны (рис. 6, *Б*).

Расчет нового водного баланса атмосферы, который установится после того, как лесные полосы, посаженные на площади 61 490 км^2, достигнут полного роста, является одной из труднейших задач, стоящих перед советскими географами и геофизиками. Для получения достаточно обоснованных цифр потребуются длительные усилия коллектива специалистов различного профиля. В настоящее время можно лишь наметить направление, в котором должно пойти исследование.

Если учесть повышение испарения не только самими лесными полосами, но и межполосными полями (в результате снегозадержания) и

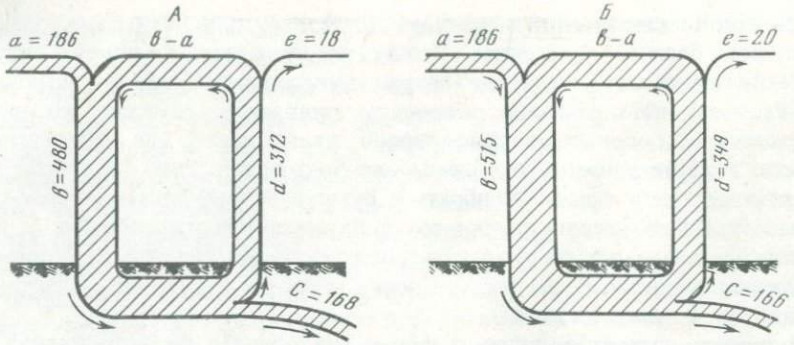


Рис. 5. Диаграмма водного баланса Европейской части СССР, км³

А – в настоящее время; *Б* – при полном развитии лесных полос; *а* – принос влаги с океана; *в* – осадки; *в–а* – внутренние осадки; *с* – речной сток; *d* – испарение; *е* – атмосферный сток в Азиатскую часть СССР

отнести его к площади только лесных полос, то окажется, что лес на занимаемой им площади даст добавочный слой испарения в 300–400 мм (Рутковский, 1948).

Примем из осторожности меньшую цифру. Ее надо умножить на 3 – коэффициент влагооборота летних месяцев (по В.В. Цинзерлингу). Добавочное количество воды трижды успеет выпасть дождем (в основном уже не на лесные площади) и вновь испариться до того, как будет сброшено в море или вынесено господствующими ветрами в Азию. Это добавочное количество:

$$\Delta d' = \frac{61\,490 \times 300 \times 3}{10^6} = 55{,}2 \text{ км}^3.$$

Вся территория, на которой должны быть созданы лесные полосы, составляет около 1,5 млн. км². Таким образом, добавочное испарение эквивалентно слою воды:

$$\frac{55{,}3 \times 10^6}{1{,}5 \times 10^6} = 37 \text{ мм}.$$

Добавочное испарение частично увеличит местные осадки в пределах Восточно-Европейской равнины, частично присоединится к атмосферному стоку. Если принять в первом приближении, что соотношение между этими статьями расхода останется прежним, то можно рассчитать все статьи нового водного баланса атмосферы (рис. 5, *Б*).

Сравнивая диаграммы рис. 5, *А* и 5, *Б*, можно составить представление о порядке тех изменений влагооборота, которых можно ожидать в результате преобразования природы степей. Наибольший интерес представляет относительное увеличение суммарных осадков на 7%.

Что касается абсолютной величины осадков, то она несомненно будет ниже, чем приведенная цифра в 515 мм (см. рис. 5, *Б*), так как исходные расчеты В.В. Цинзерлинга, на которых основано приведенное выше вычисление, сделаны для всей Восточно-Европейской равнины, для которой

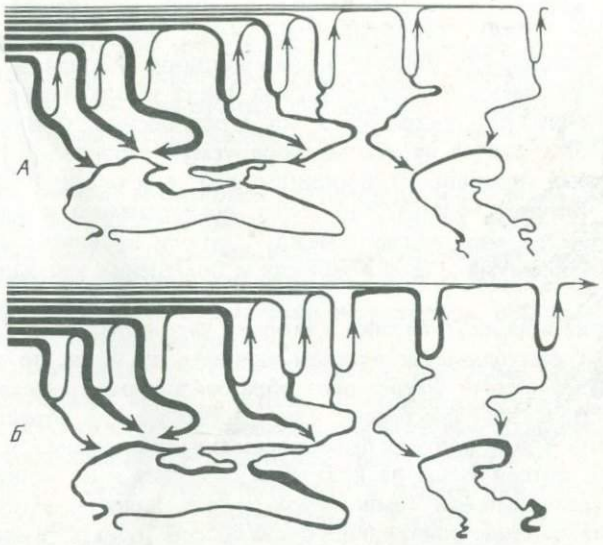


Рис. 6. Схема влагооборота области полезащитного лесонасаждения
А – в настоящее время; *Б* – при полном развитии лесных полос

средняя годовая сумма осадков равна 480 мм. Это значительно выше, чем средняя для степной и лесостепной зон (400–450 мм). С учетом этой разницы можно предполагать, что лесные полосы вызовут среднее (во времени и пространстве) увеличение осадков порядка 30 мм в год[4].

В приведенном расчете сделана попытка учесть увеличение количества осадков в результате насаждения лесных полос. Однако в том же направлении будут действовать и другие противоэрозионные мероприятия: валы, пруды, крестование и т.п. Можно думать, что их вклад в мелиорацию климата будет значителен.

Однако в пределах зоны лесонасаждения можно ожидать увеличения осадков не только в результате повышения испарения. Задержание снега на полях, как уже отмечалось, в состоянии изменить тип зимних и весенних погод, привести к понижению температуры и при определенных свойствах воздушных масс к конденсации добавочных количеств влаги, которые в прежних условиях были бы удержаны атмосферой.

Воздействие лесных полос на температуру приземных слоев атмосферы будет сложным и противоречивым. Результат его трудно предсказать без более детальных исследований.

На испарение 1 г воды при температуре 20° затрачивается 585 калорий. На испарение 55,2 км^3 воды – $585 \times 55{,}2 \times 10^{12} = 323 \times 10^{14}$ ккал.

Если предположить, что все необходимое тепло будет взято на пространстве собственно лесных полос, то это составит 53 ккал/см^2·год, т.е. около 25% средней величины поглощаемой радиации в степной и ле-

[4] Сам В.В.Цинзерлинг в своих расчетах ожидал от лесных полос меньшего климатического эффекта, так как принимал добавочное испарение леса равным 200 мм без учета повышения испарения соседних полей за счет снегонакопления.

состепной зонах. (Новейшие данные по радиации приведены в работе Т.Г. Берлянд, 1948). Такое предположение, однако, заведомо неверно, так как благодаря хорошему перемешиванию воздуха в относительно узких и продуваемых полосах расход тепла и понижение температуры будут частично распространяться на межполосные пространства. Если разложить этот расход на всю мелиорируемую территорию, то получится незначительная величина: 0,76 ккал/см^2·год, или около 1% поглощаемой радиации. Истинное количество тепла, поглощаемого в год с единицы площади, лежит, очевидно, где-то между этими крайними цифрами. Оно достигает максимума в самих полосах и постепенно уменьшается к середине полей.

Изменение теплового баланса в сторону увеличения затрат на испарение, в основном приходящееся на часы наибольшего зноя, по принципу Ле-Шателье будет влиять умеряющим образом на само испарение, что явится положительным фактором для растительности, транспирационной режим которой близ полудня бывает весьма напряженным.

Наконец, потери тепла на испарение скажутся и на величине осадков, так как неравномерная температура лесных полос и межполосных полей вызовет усиление конвекции и будет способствовать выпадению грозовых осадков и вообще нарушению антициклонального режима, который летом нередко надолго устанавливается в степи.

Одновременно с поглощением части теплоты увеличение испарения оказывает и обратное действие: повышение содержания паров в воздухе усиливает так называемый парниковый эффект, т.е. уменьшает проницаемость атмосферы для длинноволнового излучения Земли, препятствуя ее охлаждению.

Кроме того, часть энергии, затраченной на испарение, при конденсации испарившейся влаги поступает в атмосферу, а оттуда путем обратной длинноволновой радиации может быть возвращена в почву. Выяснить, как повлияют противоречивые изменения статей теплового баланса на его сальдо, является задачей будущего.

Анализ ожидаемых изменений в ходе почвообразовательного процесса выходит за рамки настоящей статьи. В общих словах все же можно высказать предположение, что под лесными полосами будет наблюдаться деградация черноземов, а в полях, избавленных от ускоренной денудации, будет происходить интенсивное возрождение смытых почв путем восстановления разрушенного гумусного горизонта и углубления культурного пахотного слоя. Прогноз этого процесса является прогнозом плодородия почвы и потому имеет большое экономическое значение.

В отдаленной перспективе можно предвидеть некоторый сдвиг почвенных зон к югу. Что касается засоления, то, как уже отмечалось, правильное проектирование водного баланаса почвы должно предусматривать разумное увеличение грунтового стока за счет поверхностного. В этом случае можно ожидать не засоления, а, наоборот, более полного и глубокого промывания почв и выноса растворимых солей.

Весьма специфической и сложной областью природных взаимосвязей, которые должны быть заранее предусмотрены и от которых в немалой степени зависит успех лесонасаждения, являются связи между растительностью и фауной.

Уже неоднократно наблюдались случаи, когда молодые лесные насаждения часто через несколько лет после посадки поражались и даже совсем уничтожались несметными полчищами насекомых-вредителей. При этом иногда выступали на сцену насекомые, считавшиеся неопасными в старых лесных районах (Полезащитные лесные полосы, 1937, статья Анисимова; Мельниченко, 1949).

Причины этого явления могли быть различными: или климат оказывался исключительно благоприятным для вредителей в такой местности, куда они не могли до этого проникнуть из-за отсутствия свойственной им пищи, или молодые деревца были ослаблены непривычными условиями, или чаще всего на новом месте вредители не встречали обычных врагов, сдерживавших их размножение на родине.

Одним из эффективных методов борьбы с вредными насекомыми является биологический метод – разведение насекомоядных птиц и млекопитающих, а также других насекомых и бактерий, паразитирующих на вредителях. Пользование этим методом требует глубокого проникновения в трофические связи животного мира и проведения широких мероприятий по акклиматизации инсектофагов. Вместе с посевом семян деревьев должен производиться и "посев" охраняющей фауны. Среди населения, особенно среди детей, должна проводиться широкая разъяснительная кампания по охране насекомоядных птиц и истреблению хищников. В лесных полосах должны предусматриваться куртины кустов, благоприятных для гнездования. Кустарники, однако, не должны занимать все пространство под пологом леса, чтобы не создавать непродуваемого нижнего яруса, обусловливающего неравномерное скопление снега.

Одновременно с биологическими должны применяться химические, микроклиматические, агротехнические (опахивание) и прочие меры охраны насаждений. Большую роль предстоит сыграть авиации, специальные лесосанитарные отряды которой несомненно придется придать наиболее крупным лесозащитным станциям. Функции их могут быть совмещены с функциями пожарной охраны лесов.

Насколько неожиданной может быть реакция фауны на создание лесных полос, можно судить по следующему примеру[5]. На Северном Кавказе подросшие лесозащитные полосы стали аккумуляторами кустиков перекати-поле, которые осенью наметались на наветренных опушках валами, доходящими до крон деревьев. Скопления перекати-поле уничтожали продуваемость полос и в свою очередь становились аккумуляторами громадных сугробов снега. Почва под валом покрывалась слоем семян, высыпавшихся из слагающих его сорняков. Теплое убежище, снабженное неограниченным запасом пищи, было быстро оценено полевками и другими грызунами. Раньше они в большом количестве погибали зимой в степи от морозов и бескормицы, а теперь, благоденствуя в как бы нарочно созданных для них питомниках, размножились до невероятных количеств. Летом они выселялись на поле и наносили большой вред урожаю.

Неожиданный и нежелательный побочный продукт лесонасаждения возник в данном случае от незнания и недоучета связей, существующих

[5] Сообщен А.Н. Формозовым.

в природе. С бедствием, очевидно, нетрудно бороться: достаточно организовать уборку перекати-поле; эти растения к тому же могут быть использованы в качестве топлива, столь ценного в степи. Однако в будущем мы должны прилагать максимум усилий к предсказанию появления таких "побочных продуктов", что позволит сэкономить не один миллион рублей.

Опыты предвидения всех возможных последствий планируемых мероприятий явятся для географов серьезнейшим экзаменом понимания взаимосвязей, существующих в физико-географической среде.

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

В заключение следует сказать несколько слов о методике и организационных формах участия географов в работах по преобразованию природы степей.

Методы научно-исследовательской работы, обслуживающей столь сложное и многогранное мероприятие, несомненно могут и должны быть сами весьма разнообразны. Однако в соответствии с перечисленными выше задачами они естественно разделяются на четыре группы: экспедиционные, стационарные, лабораторные, теоретические.

Экспедиционный метод – наиболее старый, традиционный метод географической работы – отнюдь не потерял своего значения и в настоящее время. В частности, ему суждено сыграть существенную роль в подготовке работ по преобразованию природы.

Экспедиционный метод незаменим во всех тех случаях, когда надо установить и закартировать распределение в пространстве предметов и явлений, интересующих нас с точки зрения их величины, формы, расположения и тех свойств, которые уже изучены или могут быть изучены простыми способами и в короткий срок.

В данном случае основной задачей, отвечающей этим условиям, является составление карт специального и ландшафтного районирования. О некоторых приемах, позволяющих расширить эту задачу в направлении изучения процессов, уже упоминалось.

Территория, подлежащая обследованию в этих целях, огромна, а сроки, в которые оно должно быть выполнено, весьма коротки. Чтобы результаты районирования поступили в нужное время и в нужной форме и могли быть использованы практиками, экспедиции должны быть организованы весьма обдуманно и на основе совершенно определенных организационно-методических принципов. Такими принципами должны явиться прежде всего комплексность, высокая техническая оснащенность и рациональный выбор маршрутов.

Комплексность экспедиционных отрядов вытекает из комплексности самой задачи. Совместная работа различных специалистов – географов, почвоведов, гидрологов, геоботаников, зоогеографов и т.д. – необходима в силу того, что все элементы ландшафта должны изучаться в их взаимодействии. Отрыв их друг от друга был еще до известной степени терпим при "чисто научной" тематике, но при решении практических задач он совершенно недопустим.

Методика комплексных экспедиций еще мало разработана. Не раз слу-

чалось, что специалисты даже смежных отраслей работали бок о бок, но все же без всякой взаимной связи. При этом они только мешали друг другу и тянули "воз" экспедиции в разные стороны. Можно надеяться, что в работе по полезащитному лесонасаждению сама конкретность задач не позволит создаться подобному положению. Однако для успеха комплексной работы придется приложить немало усилий.

Еще в подготовительный период каждый участник отряда должен предъявить "претензии" ко всем своим смежникам. Затем каждый, получив претензии, должен включить их в план своей работы. Разумеется, взаимные требования должны вытекать лишь из практических задач, поставленных перед экспедицией. "Клиринговые расчеты" должны производиться в поле на ходу, по мере накопления материала, а отнюдь не откладываться целиком на период камеральной обработки.

Программа работ каждого специалиста должна быть обсуждена и утверждена на производственном совещании отряда (а если их несколько, то всей экспедиции). При разработке программы всегда следует иметь в виду конечную цель: составление, помимо специальных карт, комплексной карты ландшафтного районирования.

Техника географических, и в частности экспедиционных, исследований отстает от стремительного роста промышленной и сельскохозяйственной техники в СССР. Чтобы успешно обслуживать запросы народного хозяйства, необходимо этот разрыв ликвидировать. Участие географов в проведении мероприятий по преобразованию природы степей является как раз удобным для этого случая. Нужно широко внедрять новую технику, так как, работая по старинке, кустарно, географы, несомненно, со своей частью задачи не справятся. Важнейшим техническим средством, которое должно быть поставлено на вооружение экспедиций, является аэрофотосъемка. План преобразования природы степей не является планом некоторых частных технических мероприятий (по борьбе с эрозией и т.п.), но планом разумной организации территории (Сильвестров, 1938). Ясно, что проектирование этой организации должно вестись на наиболее совершенной и объективной картографической основе, которой в настоящее время может служить только аэрофотосъемка.

Как бы ни была интенсивна и самоотверженна работа экспедиционных отрядов, они не могут покрыть маршрутами всей территории степной и лесостепной зон. Выход из положения может быть только один: маршруты должны составляться как ключевые, а районирование остальной сходной по природным условиям территории, распределенной между полевыми отрядами, должно производиться путем аэровизуального обследования с последующим дешифрированием аэрофотоснимков.

В дешифрировании также пора сделать шаг вперед и от примитивных стереоскопов переходить к современным стереопланиметрам, многоламповым анаглифическим проекторам, допускающим сопряжение до пяти отпечатков одновременно, и другим совершенным приборам, освоенным нашей промышленностью, но почти не освоенным географическими учреждениями.

Трудно предусмотреть и перечислить все приборы и технические приспособления, которые могут и должны быть включены в снаряжение комплексных партий. Укажу лишь вкратце некоторые примеры.

Геодезические приборы общеизвестны. Многие из них необходимы для съемки профилей, разметки горизонталей на местности и прочих работ по составлению ключевых профилей и планов. Особенно широко будут использоваться в полевых партиях нивелиры и эклиметры.

Для гидрологической съемки и других целей чрезвычайно важно снабжение партий легким буровым инструментом, позволяющим быстро бурить скважины на глубину 4–5 м. Могут применяться буры с ручным и конным приводом. Было бы весьма ценно иметь буры с приводом от мотора грузового автомобиля.

Материал, собираемый экспедициями, стал бы практически гораздо более ценным, если бы отряды снабжались походными ящиками-лабораториями для простейших анализов почв и вод, термостатами и весами для определения запасов влаги в грунтах, почвах и растительности, а также приборами, в том числе электрическими, для измерения температуры и влажности почвы, атмосферы, растительности и т.д.

Первостепенное значение имеет экспедиционный транспорт. Чем серьезнее задачи экспедиции, тем тяжелее ее снаряжение. Каждый отряд должен иметь подвижную базу в виде грузовика (или моторной лодки при работе вдоль рек). Пешие маршруты в сторону от автомашины, которая не может везде пройти и обслужить всех участников отряда, всегда сохраняют свое значение, но и их следует облегчить: с этой целью на каждой машине целесообразно иметь несколько велосипедов.

Будничным средством географического обследования должна стать авиация, как она уже стала обычным средством геологоразведки. Наравне с "аэрогеологией" должна быть создана "аэрогеография".

Наконец, следует добиваться производства высококачественного личного снаряжения (спецодежды, обуви, палаток, нагревательных приборов и др.), соответствующего требованиям, предъявляемым к экспедиционным работникам в отношении их выносливости и подвижности.

Выбор маршрутов, как уже упоминалось, связан с использованием аэрофотосъемки. Неключевыми должны быть только маршруты в районы лесных полос, которые по своей ограниченной площади и линейной форме могут быть обследованы и закартированы сплошь полевым способом. В остальных районах следует стремиться к сплошному обследованию наиболее сложных участков: развеваемых песков, долин больших рек и т.п. На остальной территории маршруты должны составляться с таким расчетом, чтобы пересекать по возможности все типы ландшафтов, избегая длинных концов по однородной местности. Тогда каждый участок пути явится представителем более или менее значительной территории, которая может быть закартирована уже камерально на основании дешифрирования аэрофотоснимков, картографических, литературных и фондовых материалов.

При составлении маршрутов существенную пользу могут принести эрозионные карты С.С. Соболева и других авторов.

Количественные характеристики климата и речного стока не могут быть получены во время экспедиции. Между тем они обязательно должны быть учтены при ландшафтном районировании. Поэтому весьма важно, чтобы организации, ведущие полевые работы, имели в своем распоряжении материалы многолетних наблюдений метео- и гидросети. Жела-

тельно, чтобы каждый отряд еще до выезда в поле получал материалы всех таких станций, находящихся в его районе, и притом не в форме среднегодовых цифр, а в графиках годового хода основных метеорологических элементов.

Современное географическое исследование не может ограничиться описанием распределения в пространстве элементов ландшафта и ландшафтов в целом. Основным предметом его является процесс развития физико-географической среды, протекающий во времени и пространстве.

Между тем развитие ландшафтов во времени нельзя достаточно глубоко понять при экспедиционном методе работы. Чтобы проанализировать ход процесса, проникнуть в его механизм, количественно определить интенсивность, уловить направление и на основе всего этого разработать методы управления процессом, недостаточно произвести однократное наблюдение, увидеть и зафиксировать ландшафт в его статике.

Физико-географический процесс – это изменение состояния ландшафта в два соседних момента времени. Но так как никакие природные процессы не протекают прямолинейно, то интегральный результат нельзя получить и по двум последовательным наблюдениям. Для составления полного представления о процессе необходим длительный ряд наблюдений. Поэтому география с того момента, как она переросла стадию чисто пространственных описаний, неизбежно должна была прибегнуть к методу стационаров.

В эпоху сознательного преобразования природы стационарам суждено стать основной формой научной подготовки больших мелиоративных работ, первым примером которых является осуществление мероприятий по полезащитному лесонасаждению. Создание лесонасаждений стало технически возможным лишь после многолетней работы опытных лесных, овражных, сельскохозяйственных, метеорологических, гидрометрических и других станций, которые также являлись стационарами, но с более узкими, специальными задачами.

В последние годы строительство станций для систематического наблюдения над природой вступило в новую фазу. Возможность плановой организации территории, осуществляемой только в Советском Союзе и основанной на диалектическом методе, углубленное понимание всеобщности природных связей послужили причиной возникновения именно в СССР плодотворной идеи создания комплексных географических стационаров. Подобно идее комплексных экспедиций, она быстро завоевала всеобщее признание. Однако практические достижения первых географических стационаров пока скромны, а организация их до последнего времени велась темпами, совершенно не соответствующими их теоретическому и народнохозяйственному значению.

План преобразования природы степей может послужить тем пробным камнем, на котором будет проверяться метод стационарных исследований. Поэтому очень важно с самого начала четко определить направление работы.

На основании приведенного выше обзора географических задач, решение которых является насущным для практики лесонасаждения и борьбы с эрозией, нетрудно выделить те из них, которые требуют стационарных наблюдений.

К ним относятся, во-первых, вопросы регулирования поверхностного и грунтового стока, вопросы испарения, снегозадержания, влияния леса на увеличение количества осадков, изменения режима рек, словом, вопросы баланса влаги.

Баланс влаги через скрытую теплоту испарения неразрывно связан с количеством солнечной радиации (Будыко, 1947). С ней же и с длинноволновой радиацией атмосферы через скрытую теплоту таяния связаны вопросы снегозадержания и вскрытия рек. От величины приходящей радиации и ее распределения по расходным статьям зависят транспирация и перегрев растительности (т.е. вопросы засухоустойчивости) и все явления микроклимата (заморозки, туманы, температурные инверсии и пр.). Таким образом, вторую группу вопросов, решаемых методом стационаров, составляют вопросы баланса тепловой энергии.

Третья группа вопросов, решение которых требует проведения длительных наблюдений, касается склоновой эрозии, выдувания, оврагообразования, заиления, селевых потоков, перевевания песков, изменения минерального, солевого и органического состава почв.

Все эти процессы с точки зрения экономики природы являются статьями баланса твердого вещества почвы и верхних слоев земной коры.

Наконец, последней группой вопросов, неразрешимых без помощи стационаров, являются вопросы биологические, связанные с акклиматизацией, ростом, продуктивностью и воспроизведением насаждаемых древесно-кустарниковых пород и их "подзащитных" – полевых культур.

В живой природе больше, чем в "неживой", процессов, которые пока еще не могут быть выражены мерой и числом. Поэтому стационарные наблюдения над растительностью, подлежащие ведению ботаника, лесовода и агронома, менее тесно, чем предыдущие области, связаны с балансовым методом. Однако с общегеографической, а также народнохозяйственной точек зрения основной задачей является увеличение полезной продукции культурных растений и домашних животных, т.е. опять-таки улучшение баланса органического вещества (биомассы). Все остальные балансы представляют собой служебные расчеты, имеющие целью выяснить обеспеченность этого последнего и главного баланса, точно так же, как все мероприятия по улучшению климата и борьбе с денудацией являются подсобными мероприятиями, призванными увеличить производительность сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, задача, стоящая перед стационарами, заключается в изучении характерных параметров ландшафта, каковыми являются балансы влаги, тепла, почвогрунтов и органического вещества.

Такой вывод с неизбежностью вытекает из поставленной цели изучения природных процессов ради овладения ими. В конечном счете все процессы сводятся к движению различных видов веществ Земли, а всякое движение (в ограниченной части пространства) характеризуется приходом и расходом материи и энергии.

Не следует бояться того, что количественный подход к анализу процессов заслонит от нас качественные различия, обусловливающие все разнообразие окружающей нас природы. Наоборот, умение учитывать количественную сторону процессов является сильнейшим орудием познания и предвидения качественных изменений, так как, как указывал Ф. Эн-

гельс, "в природе качественные изменения – точно определенным для каждого отдельного случая способом – могут происходить лишь путем количественного прибавления либо количественного убавления материи или движения (так называемой энергии)"[6].

Уточнение Ф. Энгельса "точно определенным для каждого отдельного случая способом" имеет первостепенное значение, так как указывает на необходимость в каждом случае рассматривать этот способ. В частности, исследование природы методом балансов теряет всякую ценность, если проставление цифры в любой графе прихода или расхода материи или энергии не сопровождается выяснением способа возникновения этого прихода или расхода, т.е. выяснением механизма процесса. Под механизмом здесь понимается совокупность физических, химических и биологических закономерностей, которым подчиняется и которыми регулируется данный процесс.

Я остановился подробно на вопросе о физико-географических балансах, чтобы разъяснить ошибочность некоторых, еще имеющих хождение мнений по этому вопросу. В географической литературе и выступлениях географов встречаются утверждения, что физико-географические балансы отражают только статику ландшафта, являются неверной абстракцией, не имеют никакого практического значения и т.п. Существование таких мнений основано на непонимании метода одними географами и на ошибках в использовании его – другими. Выяснение истинной сущности метода балансов как весьма универсального, хотя и служебного метода подытоживания результатов наблюдений в природе имеет первостепенное значение. Неясность в этом вопросе может привести к дезориентации, бесперспективности и разнобою в работе стационаров как раз тогда, когда она должна проводиться особенно четко и целеустремленно.

Метод стационаров включает как пассивное наблюдение, так и активный эксперимент в природе. В обоих случаях физико-географические процессы встают перед нами во всей своей сложности. Между тем для большего понимания взаимодействий, проявляющихся в сложном явлении, необходимо сперва разложить его на более простые, выделить элементарные связи, абстрагироваться от вторичных воздействий, всегда изобилующих в естественных условиях. Абстракция неизбежна на известной стадии исследования.

На этой стадии большое значение приобретает метод лабораторных экспериментов. В географии – это дело новое, но оно имеет большие перспективы (Арманд, 1948б, в). Только в лаборатории можно корреляционные, статистические связи свести к почти функциональным, отражающим ту или иную закономерность в чистом виде (Арманд, 1949в). Только в лаборатории можно быстро и просто, дешевыми средствами видоизменять условия протекания процесса, например при изучении поверхностной эрозии менять тип почвы, уклон, длину склонов, интенсивность осадков и т.д. Только в лаборатории можно крупным планом, через микроскоп наблюдать процессы, лежащие в основе крупных и массовых явлений природы. Наконец, в лаборатории наиболее удобно изу-

[6] *Энгельс Ф.* Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1948, с. 41.

чать ускоренные и замедленные процессы с помощью ускоренной или замедленной киносъемки (Гуссак, 1948; Фидман, 1948а).

Тематика лабораторных экспериментов, призванных обслуживать работы по преобразованию природы степей, велика и несомненно будет все время расширяться. Можно указать несколько основных тем, которые уже назрели и должны быть включены в программу в первую очередь. Укажу на некоторые основные вопросы:

– испытание почв и грунтов, различных по генезису, петрографическому составу и физическому состоянию, на инфильтрационную способность, сопротивляемость размыванию, выдуванию, удару капель и т.д.;

– движение солей, коллоидов и органических веществ в почве;

– исследование всех прочих физических и химических свойств почв (Виленский, 1938);

– замерзание и оттаивание почв;

– формы и интенсивность склоновой эрозии при различных условиях рельефа и климата;

– движение взвешенных и донных наносов;

– турбулентность водных потоков;

– формирование русла под воздействием потока (Великанов, 1947);

– турбулентность воздушного потока при различной шероховатости подстилающей поверхности;

– несущая способность воздушного потока;

– формирование аккумулятивного – эолового–рельефа.

Из этого списка видно, что ведущее место в лабораторном эксперименте занимают гидродинамическая и почвоведческая тематики. Вслед за ними идет геоморфология. Значение геоморфологических экспериментов в настоящее время лимитируется неразработанностью геоморфологической теории подобия, вследствие чего при экстраполяции лабораторных опытов на природу можно делать лишь качественные выводы. Однако и это существенно важно.

Представляется вероятным, что качественные закономерности формирования русел, полученные в лаборатории, можно распространять на настоящие реки во всех тех случаях, когда экспериментальные потоки сами формировали свои русла в размываемых грунтах. Геометрического подобия здесь, конечно, не получается. Создавая реки различной величины, природа моделирует сама себя с искажением вертикального масштаба (Рыбкин, 1947). Можно полагать, что высказанное предположение справедливо не только для потоков, но и для других агентов, формирующих рельеф.

Необходимо подчеркнуть, что возможные уже и сейчас геоморфологические эксперименты должны быть количественными в смысле измерения всех элементов подопытного процесса. Но они еще не могут быть количественными в смысле получения с их помощью данных для расчета величины и формы элементов рельефа, создаваемых аналогичным процессом в природе.

Бóльшая часть экспериментальных работ в области биологии (экологии, физиологии, генетики) самым тесным образом связана с рассматриваемой проблемой, но по специфичности своей методики выходит за рамки компетенции географов, хотя и представляет для них несомненный интерес.

Следующим методом работы географов и геофизиков являются теоретические расчеты и камеральный анализ ранее собранных литературных и картографических материалов. Помимо камеральной обработки материалов, собранных экспедициями, которая, как правило, производится самими их участниками, имеется ряд вопросов, которые могут быть решены в научно-исследовательских институтах силами теоретиков, расчетчиков и картографов без выезда в поле. Укажу на некоторые основные группы вопросов этого рода.

1. Прогноз изменений климата, водного баланса, солевого баланса почв и водоемов, режима морей и т.д. Задачи этого типа были в общих чертах намечены выше. Здесь важно лишь подчеркнуть одну их методическую особенность. На их примере наиболее отчетливо выявляется необходимость комплексирования ряда наук не только в практической полевой работе, но и при решении чисто теоретических проблем. Так, например, все, что было сказано об узловой проблеме преобразования природы степей – водном балансе, убеждает нас в необходимости решать ее как гидрологическую и метеорологическую одновременно. Когда интересы практики заставляют в качестве общего предмета изучения взять баланс влаги, неприемлемость положения, при котором отдельные статьи этого баланса изучаются науками, говорящими на разных языках, становится очевидной. Необходимость теснейшего контакта обеих наук, согласования источников, методов, терминологии, критериев и требований точности давно назрела. Мало того, через изучение поверхностного стока и смыва метеорология и гидрология теснейшим образом смыкаются с геоморфологией, а через исследования процесса транспирации – с геоботаникой, экологией и физиологией растений.

Таким образом, для предсказания прямых и косвенных последствий преобразования природы теоретики перечисленных наук должны: а) объединиться в тематические бригады, б) расширять свой кругозор до уровня грамотной ориентировки в вопросах физической географии в целом.

2. Уточнение ассортимента древесно-кустарниковых пород применительно к отдельным местообитаниям. Эта задача в основном должна решаться путем изучения состояния существующих лесных полос, степных лесничеств, парков, левад и т.п. Однако ограничиться старыми породами нельзя; обновление и расширение ассортимента видов может принести здесь большую пользу. Учение И.В. Мичурина открывает широкие перспективы акклиматизации, введения растений в новую для них среду. При этом растения "перевоспитываются", приобретают новые свойства.

Одновременно с расширением экологической терпимости растений, с переделкой их применительно к условиям новых местообитаний должно вестись и преобразование внешних условий применительно к естественным потребностям растений. К ним относятся увеличение влагозапасов в почве, о котором подробно говорилось выше, искусственное орошение, затенение молодых деревьев, обогащение почвы минеральными солями и азотом и т.д.

Чтобы оба встречных процесса велись в нужном направлении, чрезвычайно важно знать экологические оптимумы и экстремумы намеченных к переселению растений в их естественных старых ареалах. Важно знать, по каким факторам и насколько (количественно) новые условия отли-

чаются от старых. Как уже указывалось, решению этих вопросов может способствовать обработка данных о природных связях методом математической статистики (Арманд, 1949б, в). Эта обработка также относится к теоретической части работы и может производиться камеральным способом.

3. Изучение древних исчезнувших ландшафтов. Восстановление прежней картины природы, измененной деятельностью человека, представляет большой интерес, так как в ряде случаев облегчает нахождение тех направлений, в которых перестройка ландшафта имеет шансы развиваться наиболее успешно. Можно предполагать, что деревья будут хорошо произрастать в тех местообитаниях, которые однажды уже были ими завоеваны в ходе естественной борьбы за существование. Запроектированный культурный ландшафт наилучшим образом использует природные ресурсы, если явится естественным развитием скрытых возможностей ландшафта естественного. Из этого, конечно, не следует, что лесные полосы нужно располагать только там, где раньше существовали леса. Экономика предъявляет новые требования к их размещению, а современная техника позволяет пойти этим требованиям навстречу. Но знание прежнего расположения лесов может многое раскрыть в закономерностях их взаимодействия с физико-географической средой.

В архивах и библиотеках Советского Союза хранятся многочисленные карты, атласы, экономические описания и другие материалы, содержащие ценные сведения о распределении в прошлые века лесов и других угодий, о породах деревьев и населявших леса зверях, о характере и плодородии почв. Многие материалы отличаются исключительной полнотой и тщательностью составления. Особенно выделяются в этом отношении карты генерального межевания конца XVIII—первой половины XIX в. Важнейшей задачей Государственного архивного управления является приведение этих материалов в состояние, позволяющее их использование научными работниками различных специальностей.

4. Прогноз экономических последствий преобразования природы степей. Рассмотрение относящегося к ним круга вопросов следует предоставить специалисту экономико-географу. Здесь важно лишь подчеркнуть, что, поскольку все мероприятия предпринимаются с целью рациональной реорганизации территории, изучение экономических последствий их проведения является обязательным и заключительным звеном участия в этой работе географов.

Насколько тесно переплетаются задачи физической и экономической географии в работе по преобразованию природы степей, видно хотя бы из того, что все экономические прогнозы должны базироваться на предвычислении сельскохозяйственной продукции, т.е. на балансе органической материи мелиорируемой территории. В понимании баланса органической материи существуют некоторые неясности, поэтому представляется небесполезным привести здесь основные правила его построения, которые облегчат использование метода балансов для составления экономических расчетов:

— в местности с относительно неизменной растительностью средний годовой баланс растительного органического вещества всегда нейтрален независимо от того, будет ли это пустыня или роскошный тропический

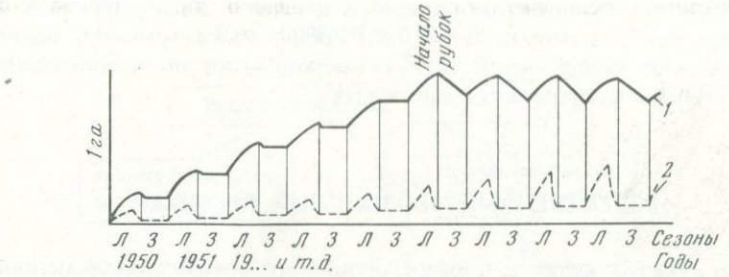


Рис. 7. Баланс растительной массы на мелиорируемой территории (схема многолетнего хода)

1 – древесная растительность; *2* – полевые культуры. Л – лето; З – зима

лес; это, однако, не снижает ценности изучения баланса, так как при этом выясняется его структура, т.е. состав биомассы (зерно, плоды, трава, солома и т.д.) и способы ее использования;

– в местности с развивающейся растительностью (например, при проведении агролесомелиорации) годовой баланс органического вещества полевых культур и трав слабоположителен (рис. 7), так как из года в год идет прирост перезимовывающих частей растений (озимь, корневища трав и т.п.); обратная зависимость наблюдается при деградации растительности и понижении урожаев;

– оценка благоприятности баланса полевых культур и трав производится не по его знаку, а по величине приходной части, т.е. по приросту биомассы ко времени уборки урожая;

– в местности с развивающейся растительностью годовой баланс органического вещества многолетних (древесно-кустарниковых) культур положителен, а в местности с деградирующей растительностью – отрицателен;

– оценка благоприятности баланса лесных культур производится по знаку и величине сальдо, пока лес растет или деградирует, и по величине положительной части (иначе – по обороту), когда годовой прирост становится равен вырубке или естественному отмиранию;

– сезонный баланс органического вещества за вегетационный период для всех видов растительности всегда положителен, за период относительного покоя – отрицателен.

Я не привожу здесь основных свойств баланса животного органического вещества, так как они в основном аналогичны перечисленным выше, причем место вегетационного периода занимают сезоны размножения. Учет этого баланса в применении как к полезным животным, так и к вредителям имеет также большое значение и уже практикуется.

Мы еще не можем задавать природе любые контрольные цифры и придавать ей любые свойства, благоприятные для избранной нами культуры. В настоящее время вопрос ставится так: географы, преимущественно физико-географы, должны разработать план операций, обеспечивающих приведение территории в состояние максимальной для данного района при данном уровне техники производительности. Далее экономико-географы должны составить план использования этой производительности

с наилучшим коэффициентом полезного действия. Конкретно речь идет о планировании сельскохозяйственного профиля всех районов мелиорируемой зоны к концу осуществления мероприятий по преобразованию природы степей и на промежуточных этапах.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЭРОЗИОННЫЙ ПРОЦЕСС[1]

Эрозию обычно делят на нормальную и ускоренную, или активную, причем считают, что нормальный эрозионный процесс является естественным, "геологическим", ускоренный же связан с деятельностью человека. Такое представление содержит логическую ошибку, так как приводит к смешению двух независимых понятий: происхождения эрозионного процесса и его свойства – интенсивности.

По происхождению эрозию следует делить на естественную и антропогенную. Естественная эрозия гораздо чаще, чем антропогенная, протекает как нормальная, но все же бывает и ускоренной. Что касается антропогенной эрозии, то она часто, хотя далеко не всегда, бывает ускоренной. Когда она протекает медленно, ее обычно просто не замечают, так как, с одной стороны, она не приносит вреда, с другой – длится еще не настолько долго, чтобы существенно изменить рельеф.

Темой настоящей статьи является только естественная эрозия, как нормальная, так и ускоренная. Прежде чем приступить к рассмотрению эрозионных процессов, нам представляется целесообразным уточнить значение некоторых терминов (денудация, выветривание, эрозия и др.), так как разные авторы вкладывают в них различный смысл.

Под выветриванием мы понимаем совокупность физических, химических и биологических процессов, возникающих при воздействии экзогенных сил на поверхность горных пород. В результате этих процессов связность горных пород нарушается. Как только связность породы нарушена, она начинает уступать силе тяжести, которая стремится перенести каждую частицу на возможно низкий гипсометрический уровень. Совокупность процессов отделения частиц выветрелой породы от монолита, их переноса на более низкий уровень и отложения именуется денудацией[2]. Наинизший уровень, до которого практически могут быть снесены продукты выветривания, называется базисом денудации. Результатом денудационного процесса в масштабе геологических эпох всегда является выравнивание земной поверхности, приближение ее к форме геоида.

Необходимо ясно себе представить, что процесс переноса твердых тел на более низкий уровень не требует затраты энергии. Наоборот, эти тела сами производят работу, освобождая свою потенциальную энергию.

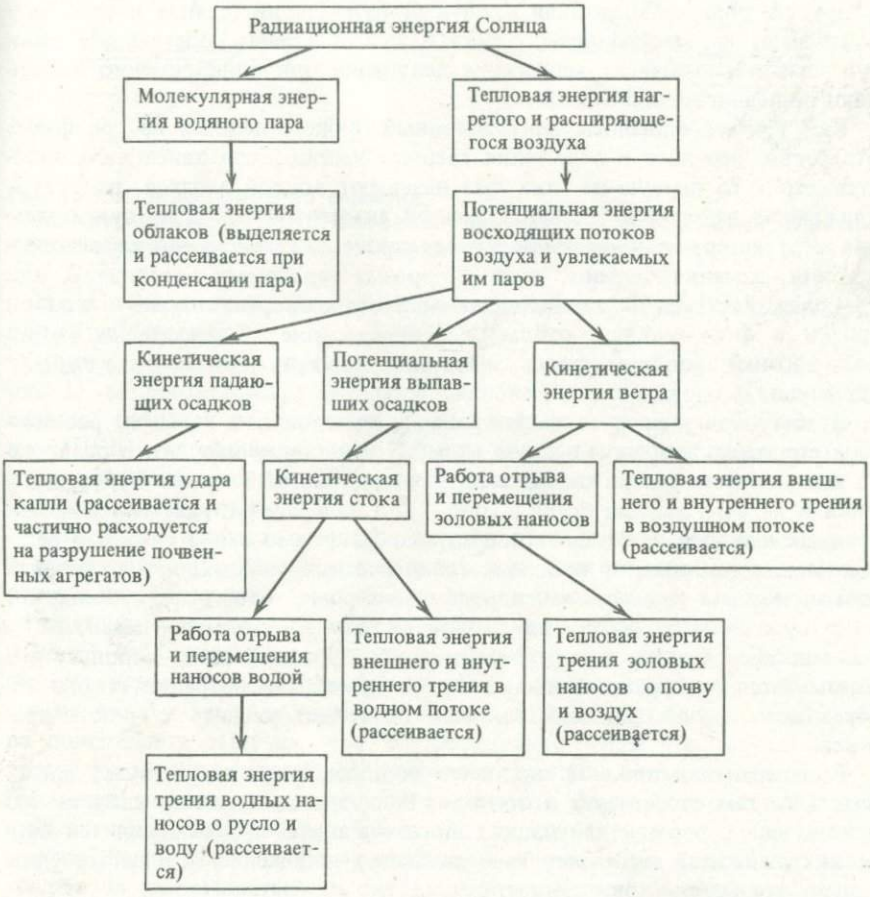
---

[1] Статья опубликована в Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1955, № 6.

[2] Многие авторы не включают фазу отложения в понятие "денудация". Однако такая трактовка последнего термина создает неудобства, так как слово "денудация" становится почти равнозначным "эрозии" (см. ниже), а весь процесс выравнивания суши текучими водами, со всеми его фазами, оказывается лишенным названия.

Таблица 1

Путь преобразования энергии



Однако лишенные связности частицы лишь в редких случаях имеют возможность падать по вертикали. Как правило, путь к базису денудации идет по очень пологой наклонной кривой. В равнинных районах наносы, чтобы спуститься на сотню метров, часто перемещаются в горизонтальной плоскости на сотни километров. При этом для преодоления трения они должны произвести громадную работу, во много раз превышающую запас их собственной потенциальной энергии. Поэтому денудационный процесс не может протекать без дополнительного поступления энергии. Источником последней являются процессы влагооборота и циркуляции атмосферы. Преобразование энергии идет в них по пути, отраженному в табл. 1.

Кинетическая энергия стока и ветра как раз и представляет собой ту стадию превращения радиационной энергии, во время которой последняя на пути к рассеянию выполняет работу денудации. Собственная по-

тенциальная энергия твердых масс, имеющая эндогенное происхождение, лишь помогает этой работе. Вода и воздух являются не только носителями энергии денудационного процесса, но одновременно выполняют и другую роль, обволакивая продукты разрушения горных пород; они уменьшают их коэффициент трения и тем облегчают собственную работу; иными словами, в механизме денудации они одновременно выполняют роль двигателя и смазки.

Как уже упоминалось, денудационный процесс делится на три фазы: отделения, переноса и отложения твердых частиц. Если двигателем является сток, то первую из этих фаз называют водной эрозией, вторую – движением наносов и третью – водной аккумуляцией. Если двигателем является ветер, то к фазам ветровых процессов применяют те же определения, заменяя термин "водная" эрозия терминами "ветровая", или "эоловая", эрозия. В дальнейшем мы будем говорить только о водной эрозии и аккумуляции, отбрасывая определение "водная". За ветровой эрозией вообще лучше закрепить особый термин "выдувание" (дефляция).

Чтобы понять процесс формирования эрозионного рельефа, рассмотрим его предельно упрощенную схему. Представим себе, что в результате сводового поднятия дна океана возник пологий гладкий купол материка и на него выпали осадки (рис. 1). Такой случай, разумеется, является абстракцией. Как известно, морское дно само имеет сложный рельеф, унаследованный от прошлых геологических событий или созданный динамическими процессами гидросферы. Кроме того, осадки выпадают на сушу с момента обсыхания первой ее точки, и к тому времени, когда из вод поднимается купол значительной протяженности, вершина его оказывается уже расчлененной. Тем не менее рассмотрение такого абстрактного случая полезно, так как позволяет уяснить сущность процесса.

В центральной точке Ц сводового поднятия сток отсутствует; следовательно, там отсутствует и эрозия[3]. Если эрозия является единственно действующей формой денудации, эта точка после прекращения тектонических движений сохраняет свое высотное положение. По направлению к периферии суши сток нарастает.

Из динамики русловых процессов известно, что каждый поток, движущийся в размываемом русле, стремится выработать профиль равновесия, т.е. придать путем размыва ложа и перемещения наносов по его дну такой уклон, при котором не происходит ни эрозии, ни аккумуляции (Великанов, 1946). Этот уклон тем меньше, чем мельче наносы и чем больше расход воды в потоке. Если в начале процесса средняя крупность выветрелой породы, образующей ложе склонового стока, везде одинакова, то профиль равновесия неизбежно приобретает вогнутую форму, так как только при такой форме нарастанию расхода воды вниз по течению соответствует уменьшение уклона. Когда сток произведет обычную сортировку наносов, вогнутость еще более увеличится, потому что в этом случае оба фактора, обусловливающие выполаживание склона, – увеличение

[3] Практически благодаря воздействию капель дождя эрозия в замедленном темпе осуществляется и на водоразделах.

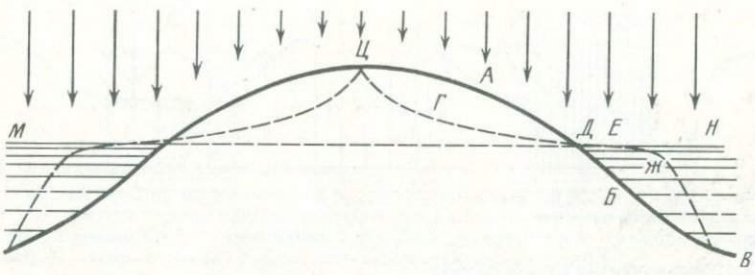


Рис. 1. Денудация сводового поднятия

МН – уровень моря; ЦАБВ – первичный профиль сводового поднятия; ЦГДЕЖВ – денудированная поверхность, соответствующая профилю равновесия

расхода и измельчение наносов вниз по течению – будут действовать в одном направлении.

Таким образом, выпуклая первичная поверхность купола (ЦАД на рис. 1) не соответствует профилю равновесия склонового стока, и последний начинает ее перестраивать: придавать склонам вогнутую форму (ЦГД), наращивать вдоль берегов аккумулятивную равнину (ДЕ) и материковую отмель (ЕЖ), оканчивающуюся подводной осыпью – материковой ступенью (ЖВ).

Описанный процесс, очевидно, должен привести к превращению свода в вогнутый конус. Однако этот переход не совершается прямо и непосредственно, поскольку он с самого начала попадает под влияние осложняющего фактора: способности склонового стока к концентрации.

Даже на поверхности купола с однообразным рельефом возникают мелкие неровности, создающие местные концентрации струи. Факторами, искажающими равномерность пелены стока, могут быть эоловая рябь на поверхности сыпучих тел, растрескивание почвы при засухах и морозах, кустики травы и стволы деревьев, тропы и норы животных и т.п. На малых ровных участках суши именно эти факторы и являются действительными распределителями склонового стока.

Как бы ни была ничтожна первичная концентрация стока, она имеет тенденцию увеличиваться. Стоит выделиться более крупной струе, как эродирующая и несущая способность ее оказывается больше, чем у окружающих струй. Она начинает быстрее углублять свое русло, тем самым стягивая к себе сток с соседних участков. Дополнительный сток в свою очередь усиливает эрозионную деятельность струи, и процесс начинает нарастать до тех пор, пока водосбор нового потока не встретится с водосборами соседних потоков, достигших той же степени концентрации. Таким образом, первичная пелена стока (рис. 2,*А*) очень быстро перестраивается в параллельно-струйчатую сеть первичных потоков (рис. 2,*Б*), а последняя, уже медленнее, – в древовидную сеть более крупных потоков и рек (рис. 2,*В*) (Хортон, 1948; Арманд, 1950).

Процесс формирования профиля равновесия, имеющегося вогнутую форму, при концентрации потоков останется тем же, как и при описанном выше схематизированном процессе склонового стока пеленой. Различие будет лишь в том, что он локализуется в речных долинах, промежуточные же плакорные пространства сохранят выпуклый профиль (рис. 3).

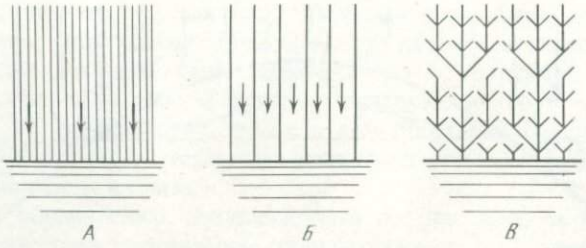


Рис. 2. Схема развития русловой сети

А – фаза первая – пелена стока; *Б* – фаза вторая – параллельно-струйчатая сеть первичных потоков; *В* – фаза третья – древовидная сеть потоков

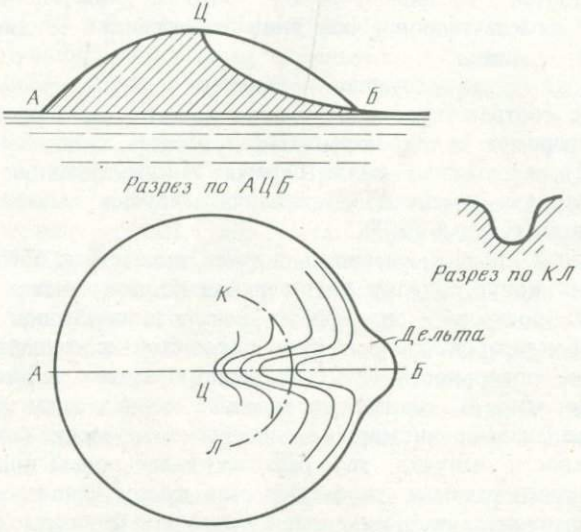


Рис. 3. Перестройка рельефа сводового поднятия в процессе формирования речной сети

Прибрежные аллювиальные равнины возникнут лишь в дельтах. Притоки разного порядка также будут создавать профиль равновесия, но, обладая меньшим запасом кинетической энергии, чем главные реки, более медленно. В результате в любой момент времени материк будет иметь форму свода, на котором первичные выпуклые поверхности рассекаются речными долинами, находящимися в разных стадиях приближения к профилю равновесия. Главные артерии будут иметь вогнутый профиль, меньшие – близкий к прямому и, наконец, самые малые – выпуклый профиль, но меньшей кривизны, чем первичная поверхность. В реальных условиях развития материков эта схема осложняется влиянием геологических и климатических факторов.

Меандрирование является естественной формой равновесия руслового потока (Великанов, 1946). Меандры медленно смещаются вниз по течению, срезая заключенные между ними полуострова суши. Кроме того, сила Кориолиса заставляет потоки подмывать один из берегов. Наконец,

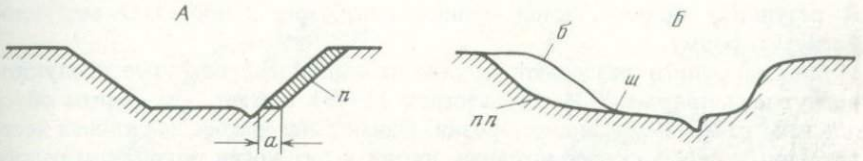


Рис. 4. Формирование склонов долины

А – схематический поперечный профиль трапецеидальной долины с прямыми склонами; *п* – призма горных пород, которую река должна вынести для расширения долины на величину *а*; *Б* – смягченный профиль долины: *пп* – продольный профиль притока; *б* – закругленная бровка; *ш* – аккумулятивный шлейф

события геологической истории приводят к смене реками своих русел и смещению долин. Только через это блуждание рек весь материк может прийти к форме конуса с вогнутыми склонами. Он достигает ее лишь тогда, когда реки, смещаясь, побывают везде и срежут последние останцы выпуклой поверхности. Практически для крупных участков суши этот момент никогда не наступает, так как тектонические силы не прекращают своего воздействия на земную кору.

Острая вершина денудированного сводового поднятия, которая не может быть срезана склоновым и речным стоком, в реальных условиях сполаживается в результате развития других физико-географических процессов, обвалов, оползней, выдувания, растворения горных пород и т.д.

Чем дальше продвигается выработка вогнутых продольных профилей русловых потоков и чем больше сгущается их сеть, тем длиннее становится линия бровок и тем большее место занимают в рельефе выпуклые склоны речных долин (разрез по КЛ на рис. 3).

В первом приближении поперечный профиль речных долин можно принять за трапецию, обращенную малым основанием книзу (рис. 4, *А*). Такая форма обусловливается тем, что рыхлые породы не создают высоких отвесных стенок, так как при подмыве снизу они обрушиваются, сполаживая склоны до угла естественного откоса. Выработке трапецеидального профиля долин способствует также постепенное уменьшение амплитуды меандр. Оно объясняется тем, что по мере углубления долины реке приходится выносить все большую призму горных пород (см. рис. 4, *А*), чтобы продвинуться в сторону на одно и то же расстояние "*а*". Таким образом срабатывание водораздельных массивов главной рекой по мере углубления замедляется, но одновременно активизируются ее притоки, получающие все более глубокий базис эрозии и осуществляющие доделку выровненного рельефа.

Прямые склоны трапецеидальной долины неустойчивы. Бровки склонов прорезаются руслами притоков и приобретают зубчатую форму (см. *пп* на рис. 4, *Б*). В промежутках между притоками морозное выветривание, выдувание, деятельность растений и животных закругляют резкую бровку (см. *б* на рис. 4, *Б*), наиболее выступающую из монолита и поэтому наиболее подверженную внешним воздействиям (Ласкарев, 1914). У подножия склона, при переходе его в пойму или террасу, растут и сливаются в шлейф конусы выноса мелких потоков талых и ливневых вод, находящих здесь местный базис эрозии (см. *ш* на рис. 4, *Б*).

В результате прямой склон долины неизбежно приобретает выпукло-вогнутую форму.

Многие авторы разделяют склоны на выпуклые, вогнутые, выпукло-вогнутые и прямые. С.И. Сильвестров (1949) считает, что формы обусловлены различными типами эрозии. Однако тип эрозии на склонах всегда один; разница скорее в стадии эрозии и литологии пород, слагающих склон. Если рассматривать весь склон от водораздела до тальвега (т.е. включая как надбровочный склон водосбора, так и склон долины), то, строго говоря, он всегда будет выпукло-вогнутым. Это неизбежно вытекает из закругленности бровок долины и наличия аккумулятивных шлейфов у подножия склонов. Для того чтобы охарактеризовать форму склона, надо найти точку (или зону) перегиба и указать протяжение выпуклой и вогнутой частей склона. Преобладание первой свидетельствует о том, что выработка профиля равновесия только началась, преобладание второй – о том, что она близится к концу.

Указанная схема развития склона наиболее близка к представлениям В. Дэвиса (Davis, 1924) и Дж. Литтла (Little, 1940). Стадия прямого склона, входящая в аналогичную схему С.С. Соболева (1948), противоречит законам гидродинамики и в природе не наблюдается. Очевидно, автор счел возможным при растянутой зоне перегиба пренебречь малыми участками – выпуклым в верхней и вогнутым в нижней части склона. Схема В. Пенка (Penck, 1924), предусматривающая отступание склонов без изменения их формы, имеет частное применение и справедлива для тех случаев, когда их отступание происходит за счет подмыва склонов снизу. Этим путем формирование склонов может происходить лишь при узких вытянутых водосборах, заключенных между параллельными реками.

До сих пор, анализируя развитие эрозионного рельефа, мы не принимали во внимание свойства горных пород. Но в действительности их влияние всегда сказывается и придает отдельным участкам русла различную сопротивляемость. Вследствие этого как в продольном, так и в поперечном профиле долин создаются структурные террасы и уступы. Террасы образуются также в результате изменений количества осадков и высоты базиса эрозии, а также в ходе нормального гидрологического развития долины. Террасированные склоны долин всегда могут быть разложены на "лестницу" из выпукло-вогнутых ступеней, которые находятся на разных стадиях выработки вогнутого профиля.

Та часть осадков, которая впитывается в почву и далее проникает через толщу горных пород до горизонта грунтовых вод, не производит эрозионной работы на площади водосбора. Однако рано или поздно эти воды, вновь появляясь на поверхности в виде родников или пластовых выходов, обычно в нижней части склонов речных долин, производят частичный подмыв аккумулятивных шлейфов (рис. 5,*А*). Но гораздо существеннее другая работа грунтовых вод: растворяя вещества, цементирующие грунт, вымывая мелкозем у подножия склонов, ослабляя сцепление частиц и создавая смазку, облегчающую их взаимное перемещение, они освобождают громадную потенциальную энергию твердых масс, находившуюся в покое благодаря сопротивлению подпирающих их нижних слоев грунта. Не встречая более сопротивления, потенциальная энергия сраба-

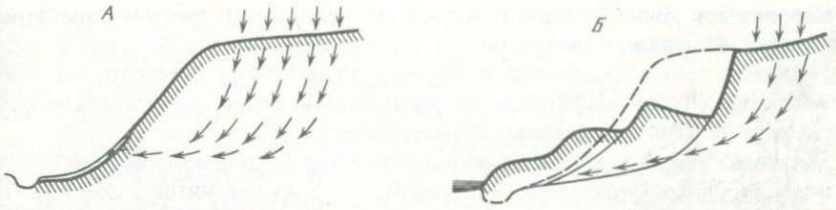


Рис. 5. Геоморфологическая роль грунтовых вод
А – подмыв аккумулятивного шлейфа; *Б* – спустившиеся и подмываемые оползни

тывает в одних случаях быстро, вызывая обвалы, в других – более медленно, являясь причиной оползней и оплывин (Герасимов, 1950). В обоих случаях грунтовый сток играет роль реле, замыкающего при помощи весьма слабого тока цепь большой мощности.

Так или иначе грунтовые воды подмывают нижнюю часть склона, вновь и вновь восстанавливая его крутизну, которую стремится уменьшить поверхностный склоновый сток. Особенно ярко это выражается при оползневом процессе, когда каждый оползень возобновляет острую форму начавшей закругляться бровки (рис. 5, *Б*). Само тело оползня постепенно размывается грунтовыми водами или сносится им же подпруженным потоком. Таким образом, при оползневом процессе склон долины отступает, сохраняя свою крутизну и выпуклый перегиб у бровки. Поэтому разнообразие встречающихся склонов обязано не только различию стадий денудационного процесса, в котором мы их застаем, но и соотношению мощностей склонового и грунтового стоков.

Описанная выше работа поверхностного стока вне постоянных русел, протекающая без значительных нарушений сплошности почвенно-растительного покрова, но приводящая к постепенному выравниванию рельефа, называется нормальной эрозией. В самом этом названии содержится представление, что подобные эрозионные процессы происходят повсеместно и постоянно (в зонах с положительным водным балансом) и не вызывают катастрофических последствий. Действительно, процесс нормальной эрозии протекает относительно быстро только в руслах рек. В руслах сезонных водотоков его интенсивность значительно меньше, на пространствах же водосборов, покрытых естественной лесной или травянистой растительностью, он развивается исключительно медленно.

На мощной лесной подстилке или растительном войлоке некосимых степей склоновый сток при осадках обычной интенсивности, как правило, отсутствует. Если же он и возникает при катастрофических паводках, то обычно не в состоянии вызывать смыв и размыв столь хорошо защищенной почвы. Это привело некоторых исследователей (Козменко, 1938; 1954; Сильвестров, 1949) к мысли о том, что современная гидрографическая сеть возникла при совершенно иных физико-географических условиях, в эпоху значительно больших осадков или при отсутствии растительного покрова. Чаще всего ее возникновение приписывают деятельности талых вод, стекавших с материкового льда в эпоху четвертичного оледенения. По окончании оледенения гидрографическая сеть и с ней весь рельеф законсервировались и вновь стали изменяться лишь с началом земледельческой деятельности человека.

Изложенная точка зрения основана на недооценке фактора времени. Ничтожность, вернее, ненаблюдаемость изменений рельефа за период жизни человека невольно экстраполируется указанными авторами на геологические периоды. При этом не учитывается также неразработанность методов регистрации медленных изменений рельефа.

Нет сомнения, что в разные эпохи как геоморфологические, так и все прочие природные процессы протекали с различной интенсивностью. В ходе геологической истории были и такие периоды, когда формирование гидрографической сети шло особенно энергично. К таковым, вероятно, относится период таяния материкового льда. Однако водная денудация не затухала и после исчезновения ледника. В пользу этого вывода говорят как соображения о неизбежности денудации, так и общеизвестные географические факты наличия развитой гидрографической сети несомненно четвертичного происхождения в областях, никогда не покрывавшихся материковым льдом, например на Среднерусской возвышенности.

Современные экзогенные процессы не ведут развернутого наступления на поверхность почвы, покрытой густой растительностью, но они воздействуют на нее, так сказать, "партизанскими налетами". Нормальные гидрологические процессы врезания рек, а тем более колебания главных базисов эрозии не могут не приводить к перестройке склонов речных долин. Каждое углубление реки вызывает ускоренное врезание всех ее притоков. В засушливые годы ветер использует гибель растительности, особенно на выступающих бровках, и выдувает сыпучие породы. Во влажные годы местами происходит медленное течение твердых масс, слагающих берега долин. На плакорных пространствах в результате засухи и морозов создается сеть трещин, и на участки незащищенной почвы начинают воздействовать ливневые и талые воды.

Выбросы землероев, вывороты сваленных бурей деревьев также являются источниками питания твердого стока. При сильных паводках могут происходить нарушения целостности дернового покрова в ложбинах стока. Наконец, сама растительность, защищающая почву от размыва, высасывает из нее большое количество питательных веществ, часть которых потом в виде опада уносится стоком. Достаточно понаблюдать за плавником, сносимым полыми водами, и за бесчисленными прядями сухой травы, покрывающими прибрежные кусты после спада паводка, чтобы составить представление о масштабах органического стока, только частично состоящего из продуктов фотосинтеза.

Перечисленные выше процессы протекают частью совсем без нарушения сплошности дернового покрова, частью с кратковременными нарушениями, которые под влиянием биологического закона, названного В.И. Вернадским "давлением жизни", быстро устраняются растительностью. Лед трескается при ударе, но обладает способностью течь, не разрываясь, при длительном воздействии постоянной нагрузки. В гораздо большей степени этим свойством, маскирующим динамичность рельефа, обладает живой дерновый покров. Он может, не разрушаясь, выносить деформацию любых амплитуд, если они проходят постепенно.

Почва восстанавливается так же, как и растительный покров, хотя более медленно. Как только ее мощность уменьшается в каком-либо

месте путем сноса поверхностных слоев, доступ атмосферных воздействий к материнской породе облегчается, процесс выветривания усиливается, корни растений и землерои начинают переработку выветрелого слоя, и ущерб, нанесенный сверху, компенсируется приростом почвы снизу.

Естественный ход денудационного процесса не исключает возникновения очагов ускоренной эрозии[4]. Естественной ускоренной эрозией называется процесс систематически из года в год продолжающегося разрушения временными водотоками растительного и почвенного покровов и врезания этих водотоков в покровные и коренные породы.

Сток размывает почвенно-растительный покров и быстро углубляет возникающие русла, когда налицо одно из двух условий: увеличение кинетической энергии потока или уменьшение сопротивляемости субстрата. Следует, однако, помнить, что прямой пропорциональности между энергией потока и его размывающей способностью не существует. В зависимости от расхода потока, формы русла в плане и профиле, его шероховатости и других причин на эрозию может расходоваться бóльшая или меньшая часть кинетической энергии течения. Но общий характер связи остается прямым.

Увеличение кинетической энергии потока $\frac{mg^2}{2}$ в свою очередь может достигаться путем увеличения m, т.е. расхода воды, или путем увеличения v, т.е. скорости стекания, зависящей от уклона русла и от того же расхода. Обе эти причины, равно как и ослабление субстрата, могут возникать в природе без участия человека.

Ослабление субстрата может произойти в результате катастрофических событий, таких, как выгорание растительности во время сильных засух, гибель лесов от урагана или пожара, вызванного молнией. Увеличение расхода воды, достаточное для возникновения ускоренной эрозии, может произойти при особенно сильных ливнях или бурном снеготаянии после многоснежной зимы.

Однако все эти катастрофы уже в силу своей исключительности не приводят к существенным изменениям рельефа. Гораздо важнее длительные и постепенные изменения, которые, накапливаясь и влияя главным образом на фактор скорости потоков, рано или поздно нарушают устойчивость существующих форм рельефа и вызывают коренную их перестройку. Такая перестройка наиболее часто осуществляется двумя путями.

Меандры реки, протекающей в узкой долине, подмывают ее склоны. В результате обвалов и осыпей в этих местах образуется крутой берег, заканчивающийся резкой бровкой. Склоновый сток, поступающий с водосбора к таким бровкам, претерпевает на них внезапное ускорение. Кинетическая энергия его, возросшая пропорционально квадрату скорости, оказывается достаточной для преодоления сопротивления почвенно-растительного покрова, разрушение которого от бровки откоса начинает распространяться вдоль линий склонового стока (рис. 6). От края обрыва размыв быстро продвигается попятным движением, так как слой дерна, обладающий высокой сопротивляемостью размыву при воздейст-

[4] Некоторые авторы (см., например: Панков, 1937) употребляют также термины "чрезмерная, или эксцессивная, эрозия", или "денудация".

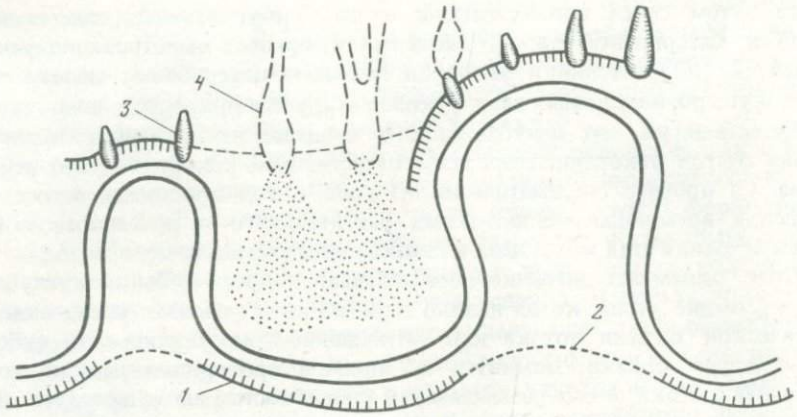


Рис. 6. Ускоренная эрозия на берегах меандрирующей реки
1 – обрыв; *2* – закругленная бровка; *3* – размыв активный; *4* – то же, закрепленный с конусом выноса

вии на него сверху, не может бороться против подмыва снизу. Возникновение ускоренной эрозии по берегам рек, не зависящее от деятельности человека, отмечалось еще В.В. Докучаевым (1878).

Излучина реки в своем поступательном движении по долине может перемещаться вдоль некоторого участка берега столетиями. За это время на нем успевают вырасти довольно большие овраги. Когда излучина перемещается и на ее место водворяется пойма, базис эрозии оврагов отдаляется, уклон их днищ уменьшается, и они переходят в фазу аккумуляции, закрепляются растительностью. Возникновение свежих размывов переносится на участок, лежащий ниже по течению (Занин, 1951; Холупяк, 1953).

Иначе возникают донные размывы, вложенные в более древние эрозионные формы. Их возникновение связано с понижением базиса эрозии, которое может быть вызвано поднятием суши, понижением уровня моря, перехватом речной системы соседней, ниже расположенной рекой и т.п. Возникший перепад при этом перемещается попятно от устья к истоку, расходясь по всей системе притоков и временых русел. Следы такой перестройки фиксируются в рельефе в виде террас.

Естественная ускоренная эрозия всегда начинается на формах, созданных естественной нормальной эрозией, – на склонах долин, балок и т.п. – и носит преимущественно линейный характер. Высокая сопротивляемость растительного покрова в этих случаях ограничивает интенсивность поверхностного смыва и локализует нарушение сплошности дерновины и почвы. Таким образом, естественная ускоренная эрозия неспособна резко нарушить продуктивность значительных территорий, хотя подчас и приводит к глубокому расчленению и обнажению сравнительно узких полос вдоль берегов реки.

Приведенное выше краткое описание естественного эрозионного процесса позволяет перейти к классификации линейных форм, создаваемых естественной нормальной эрозией. Формы, возникающие в результате естественной ускоренной эрозии, весьма сходны с формами, обязанны-

ми своим возникновением деятельности человека (антропогенной эрозии)[5].

Выделять в разные категории следует формы, качественно отличные. Класть в основу классификации количественный признак (размер, площадь и т.п.) допустимо только тогда, когда переход через определенную количественную грань изменяет характер рекомендуемых мелиоративных мероприятий.

Предлагаемая классификация не является принципиально новой и во многом сходна с классификациями других авторов; терминологически она в точности повторяет классификацию В.И. Масальского (1897). Я ставил своей задачей лишь уточнить определения отдельных эрозионных форм, которые большинством предшествующих авторов давались в очень неопределенных выражениях или на основе несущественных признаков. Классификация рассчитана на равнинные и холмистые районы в зонах лесостепи и степи и не может быть применена для других зон и горных местностей.

Первичной формой, создаваемой естественной нормальной эрозией, является ложбина (ложбина стока, степная ложбина, потяжина). Это пологое линейное, открытое с одной стороны понижение с нечетко выраженными морфологическими элементами. Склоны ложбины, имеющие в самом крутом месте 3–8°, незаметно выполаживаясь по ее краям, переходят в плакорное пространство водосбора. В нижней части они также незаметно переходят в широкое вогнутое днище.

В плане ложбины ветвятся, часто имеют извилистую форму. Они подходят близко к водоразделу, дренируя всю водосборную площадь. Происхождение их может быть приписано постепенной концентрации стока в более мощных микропотоках, перехвативших течение своих конкурентов. Вероятно, в их формировании играет роль и суффозия – вымывание солей и мелкозема подземным стоком. Слабый размыв дна ложбины во время пика паводка частично компенсируется отложением наилка во время его спада. В результате русло не вырабатывается и кратковременное течение не препятствует произрастанию растительности по всей поверхности склонов и днища.

Чем древнее ложбина, тем сложнее ее история. В различные периоды ее существования знак баланса твердого стока неоднократно меняется. На смену медленной эрозии приходит столь же медленная аккумуляция. Поэтому древние ложбины обычно бывают углублены в мощный чехол делювия. Так как эродирующая зона потока увеличивается с возрастанием его скорости, а скорость – с глубиной, то донная эрозия наиболее интенсивно протекает вдоль центральной оси ложбины. Если при этом происходит увеличение стока, вызванное, например, расширением водосбора или изменением климата в сторону большего увлажнения, баланс наносов показывает превышение расхода над приходом, днище лож-

[5] Деятельность человека в настоящее время является фактором во много раз более мощным, чем все естественные силы, способные вызвать ускоренную эрозию. Поэтому для форм естественной ускоренной и антропогенной эрозии представляется целесообразным дать общую классификацию. Опыт такой классификации будет сделан в другой моей работе, посвященной антропогенной эрозии (см.: Арманд, 1956. – *Примеч. ред.*).

бины углубляется, склоны отстают в своем развитии, на них намечается четкий перегиб – бровка. Ложбина превращается в лощину.

Резкость бровок некоторых лощин наводит на мысль о возможности и другого пути их образования – из донных оврагов, впоследствии закрепившихся.

Днище долины вначале бывает слабовогнутым. Однако если лощина вследствие уменьшения стока или достижения профиля равновесия переходит в фазу аккумуляции, она выполаживается. Крутизна склонов лощины 15–30°; во всяком случае, он никогда не превышает угол естественного откоса. Русла в днище лощины нет, встречаются только отдельные очаги.

При дальнейшем развитии лощина переходит в более крупную форму – балку (местные названия: яр, байрак, по А.С. Козменко и некоторым другим авторам – суходол). Характерной особенностью балки является сухое русло, иногда только намеченное полосой влаголюбивой растительности, но чаще достаточно хорошо выраженное в рельефе. Русло часто меандрирует, проходит через бочаги, дно его расширяется и выполаживается. Наличие русла свидетельствует об относительной длительности периода остаточного стока, идущего по балке после снеготаяния. Иногда сток по балкам можно наблюдать в течение нескольких дней также и после сильных ливней.

Более длительный по сравнению с лощиной период развития балки и пережитая ею более сложная история приводят к тому, что на склонах ее нередко возникают террасы, вместо одной намечается несколько бровок, четкость их вторично смягчается (резкость балочных бровок в наше время обычно обусловлена идущими вдоль них напашами). Нередко возникает асимметрия склона, связанная с различием их экспозиции по отношению к странам света и господствующему ветру.

Склоны лощин обычно однообразны. Наоборот, склоны балок в плане постоянно меняют свою форму: они прерываются притоками, участки террас то появляются, то исчезают, обрывистые подмывы сменяются весьма пологими делювиальными шлейфами, крутизна которых не превышает 8–10°. Средний угол балочных склонов, как показали измерения, равен приблизительно 13°, наибольший в неподмытых местах не превышает 35°. Склоны обычно сложены делювием, однако в нижней части иногда обнажаются коренные породы.

Наиболее развитую форму нормальной эрозии представляет речная долина. Ее отличительной чертой является присутствие постоянного водотока. По величине долины бывают самыми различными – от гигантских долин больших рек до едва намечающихся долин ручьев. Однако в степной и лесостепной зонах долины обычно глубоки и хорошо развиты.

Наличие постоянного водотока влечет за собой возникновение ряда новых элементов рельефа: в русле намечаются перекаты и плёсы, в пойме появляются старицы, прирусловые валы, притеррасовые впадины. Террасы становятся обычным явлением. Наравне с экспозиционной асимметрией в речных долинах, как правило, сказывается асимметрия, обязанная силе Кориолиса. Если у малых рек склоны долин подмываются меандрами поочередно, то у больших все резче выделяется крутизна правого

Таблица 2

Термины, применяемые для характеристики форм, создаваемых нормальной эрозией

Д.Л. Арманд, 1955б	Ложбина	Лощина	Балка
В.А. Киприянов, 1857	Ложбина	Лог	Балка
В.В. Докучаев, 1878	Ложбина, дол		Балка
И.Ф. Леваковский, 1890	Лощина	Балка	Суходол
В.И. Ефремов, 1890	Лощина	Балка	
А.Н. Краснов, 1895–1899	Ложбина стока	–	–
В.И. Масальский, 1897	Ложбина	Лощина	Балка
А.С. Козменко, 1909, 1938	Ложбина	Лощина	Лощина, суходол
Ф.П. Саваренский, 1926	Ложбина, лощина		Балка
И.В. Мушкетов, 1935	–	–	Балка, суходол
С.С. Соболев, 1948	Ложбина стока	–	Балка
И.П. Герасимов, 1950	Древняя ложбина (потяжина)	Балка (суходол)	
В.П. Лидов и др., 1950, 1954	Ложбина	Лог, лощина	Балка, суходол
Г.В. Занин, 1952	Ложбина	Лощина	Балка, суходол

берега. Если долина узка и река врезается быстро, обрывистые подмывы по обеим берегам следуют один за другим. Этот вариант эрозионной формы, переходный к ущелью, можно назвать овражной долиной (Кесь, 1950).

Долина, в которой постоянный водоток после длительного существования и эрозионной деятельности высыхает, превращается в реликтовую форму – сухую долину[6].

Между перечисленными выше эрозионными формами существуют постепенные переходы, и не всегда бывает легко определить, к какой категории отнести тот или иной конкретный объект. Ниже приводятся термины, которые употребляются различными авторами для обозначения форм, создаваемых эрозией (табл. 2).

Все формы, выработанные нормальной эрозией, обладают одной общей чертой – наличием хорошо развитых боковых водосборов. Во время длительного процесса их формирования они, служа местным базисом эрозии для окружающих плакоров, успевают привлечь к себе склоновый сток. Последний немедленно начинает свою обычную работу – выработку профиля равновесия. В ходе ее он создает покатости, сбегающие к бровкам эрозионной формы. На поперечном профиле эти покатости,

[6] Следует избегать называть сухие долины суходолами, так как последний термин часто употребляется в другом смысле – как синоним балки.

а в плане – затяжка горизонталей всегда являются отличительным признаком форм рельефа, созданных нормальной эрозией. Чем дальше от бровок они начинаются, тем, при прочих равных условиях, древнее форма рельефа. Молодая форма, созданная антропогенной ускоренной эрозией, может после ее затухания приобрести пологие склоны и округлые бровки, хорошо закрепленные растительностью, но об относительной молодости ее всегда будет свидетельствовать слабое развитие боковых водосборов. Нужен очень большой период времени, чтобы вызванный ускоренной эрозией и затем закрепившийся размыв перехватил параллельные ему линии стока и создал новые, направленные в его сторону склоны водосбора. Однако в тех случаях, когда размыв, возникший в результате естественной ускоренной эрозии, развивается в течение геологически длительного времени, он не только может, но и неизбежно должен превратиться в лощину или балку.

Таким образом, современные лощины и балки могут иметь двоякое происхождение: одни из них сформировались в ходе нормального эрозионного развития ложбин, другие (вероятно, меньшая часть) – путем закрепления размывов, возникших в давние времена в результате ускоренной эрозии по берегам рек и т.п. В отличие от них закрепившиеся эрозионные формы, вызванные деятельностью человека, как правило, существуют недостаточно долго для того, чтобы превратиться в настоящие балки.

УСКОРЕННАЯ АНТРОПОГЕННАЯ ЭРОЗИЯ И ДЕФЛЯЦИЯ[1]

УСКОРЕННАЯ ЭРОЗИЯ

Ускоренная антропогенная эрозия по характеру деятельности человека, ее вызывающей, может быть земледельческой, пастбищной, дорожной, лесопромышленной, горнопромышленной, селитебной и ирригационной.

Наибольший вред приносит земледельческая эрозия. При распашке на склонах целинной степи или раскорчеванных вырубок нарушается веками сложившееся равновесие между рельефом и стоком. С одной стороны, уничтожается дерновый покров, связывавший почву и позволявший ей сопротивляться размывающему действию потоков. С другой стороны, потоки усиливаются, так как, во-первых, вследствие образования плужной подошвы увеличивается коэффициент стока склонов и, во-вторых, рассеянные ранее потоки концентрируются в бороздах, особенно разъемных и отпашных, межах и т.п. В результате уже на небольшом расстоянии от водораздела струи склонового стока (который часто неправильно называют плоскостным) достигают размывающих скоростей и начинают уносить частицы почвы, вымывая для себя микрорусла – водороины.

Первичная эрозия всегда бывает микрорусловой. Однако водороины при первой же обработке почвы заравниваются плугом или бороной, при-

[1] Статья написана в 1965 г., публикуется впервые.

чем образовавшийся в них дефицит материала распределяется равномерно по поверхности поля, постепенно приводя к смытости почвы. Таким образом, смыв есть результат повторного чередующегося действия эрозии и обработки почвы. Если водороина возникает в глубокой борозде, например разъемной, она не может быть полностью выровнена при очередной обработке поля и будет расти при каждом ливне и снеготаянии. В этом случае водороина перерастает в промоину, непроходимую для транспорта и делящую поле на части. Затем промоина перерастает в овраг, врезающийся в материнскую породу и приобретающий вогнутый или ступенчатый продольный профиль. Овраг растет попятно, одновременно углубляясь, расширяясь и выпуская отвершки.

Эрозия, создавая на пашне дополнительные уклоны, ускоряет склоновый сток и, следовательно, увеличивает паводковую волну в ложбинах, лощинах и балках. Ложбины обычно перепахиваются, лощины и балки используются под выпас, поэтому дерновый покров в них ослаблен. Бурный паводок приводит к образованию в их днищах вымоин, которые, удлиняясь против течения, сливаются в донную промоину и затем в донный овраг. Промоины и овраги, впадающие в лощину или балку с боков, называются склоновыми подбровочными, если они не достигают их бровок, и надбровочными, если они их пересекают и выходят на поле. Надбровочные овраги, приближающиеся к водоразделу, называются приводораздельными. Сеть из балки (с донным оврагом или без него) и впадающих в нее склоновых оврагов имеет форму гребенки. Если сеть склоновых оврагов пуста, пахать между ними на тракторах становится практически невозможно и для пашни пропадает не только площадь самих оврагов, но и все межовражное пространство.

Пастбищная эрозия возникает вследствие перевыпаса, когда скот (особенно овцы) выгрызает траву под корень, а почву разбивает копытами. Дернина теряет сопротивляемость и подвергается струйчатому размыву (образованию сети водороин). Когда выпас производится на крутых склонах — на летних горных пастбищах, а в средней полосе — в балках, на них образуются протоптанные скотом тропы, дающие начало осовам — поверхностным оползням.

Дорожная эрозия возникает по неукрепленным кюветам дорог, идущих под уклон, а на грунтовых дорогах — также и по колеям. Особенно опасны в отношении развития эрозии дороги, идущие наискось к склону, на всем протяжении собирающие и концентрирующие поступающий с него сток. Именно такова бóльшая часть межселенных дорог, пересекающих балки, и полевых, поднимающихся из сел, расположенных в долинах, на поля, занимающие водораздельные пространства. Кюветы и колеи быстро превращаются в глубокие и длинные овраги, заставляющие переносить дорогу на новое место, где этот процесс вскоре повторяется. Так большие пространства склонов оказываются изрезанными длинными оврагами, идущими наискось к балке или долине.

Лесопромышленная эрозия вызывается трелевкой леса на горных лесосеках. Гусеницы тракторов, верхушки волочимых ими деревьев или бревен сдирают лесную подстилку и пропахивают в почве желоба, быстро превращающиеся при дождях или снеготаянии на крутых склонах в овраги. При беспорядочной трелевке уничтожаются весь молодой подрост, под-

лесок и дерновый покров, вследствие чего возобновление леса становится невозможным, склоны превращаются в бедленд.

Горнопромышленная эрозия образуется на склонах карьеров и открытых выработок, причем овраги, начавшись у бровки, часто расходятся от них звездой, поражая соседние угодья. Обычными очагами горнопромышленной эрозии являются неспланированные и незакрепленные карьеры, из которых скреперами или бульдозерами берется земля для насыпки плотин. Сильно размываются отвалы, особенно зольные, и терриконы.

Селитебная эрозия возникает в населенных пунктах, когда сток с асфальтовых или замощенных улиц концентрированно сбрасывается на незакрепленный грунт, а также при неаккуратном рытье канав, водосливов, котлованов и т. п.

Ирригационная эрозия захватывает сравнительно небольшие, но весьма ценные площади, используемые под поливные культуры. Она возникает вследствие расположения поливных борозд вдоль склона и слишком больших расходов воды при поливах. Она выражается в превращении борозд в узкие и глубокие промоины, а затем и в полном разрушении поливных карт.

Ускоренная эрозия сопровождается столь же вредной ускоренной аккумуляцией. Выносимые потоками громадные объемы овражного аллювия отлагаются на террасах речных долин, в поймах, в прудах и озерах, в руслах рек. При этом на террасах и в поймах бесплодной породой заваливаются сады, пашни, огороды, сенокосы, пастбища. Малые реки иногда за один ливень полностью перепруживаются овражным конусом выноса. При этом их поймы заболачиваются на большом расстоянии выше точки подпора, зарастают тростником и кустарником. Пруды и озера быстро заиливаются.

ДЕФЛЯЦИЯ

Есть основания предполагать, что почти все песчаные пустыни были ранее закреплены растительностью и пришли в развеваемое состояние только благодаря вытаптыванию и вытравливанию их стадами. Эти земли могут быть восстановлены лишь путем коренной мелиорации, часто с применением орошения. Формой дефляции, борьба с которой наиболее насущна, является выдувание почв на современных пашнях.

Выдувание начинается тогда, когда подъемная сила турбулентных воздушных потоков оказывается достаточно сильной для взвешивания и переноса частиц почвы. Возможность возникновения выдувания определяется: 1) скоростью ветра, 2) крупностью зерен или агрегатов почвы, 3) их связностью, зависящей в первую очередь от влажности, 4) плотностью растительного покрова.

Наиболее легко выдуваются бесструктурные малосвязные почвы — пылеватые и песчаные. Песчаные почвы по своей природе неспособны образовывать агрегаты. Пылеватой может стать любая почва в результате применения неправильной агротехники. Выдувание может возникать и на мелкоструктурных почвах (при средней величине агрегата с просяное зерно). В частности, ему подвержены карбонатные черноземы.

Влажная почва, каков бы ни был ее состав, не подвержена дефляции. Однако если ветер дует долго, он высушивает почву, а затем начинает

ее развевать. Особенно быстро почва теряет влагу при суховеях. Легче всего развевается обнаженная пашня – зябь, пар. Несколько более устойчивы почвы под молодыми посевами. Однако при упорном ветре выдуваются и они, при этом в одних местах корни обнажаются и ростки выпадают из почвы, в других – заносятся; на песках они механически засекаются летящими песчинками. Взрослые посевы, находящиеся в хорошем состоянии, обычно надежно защищают почву.

В отличие от эрозии дефляция может переносить материал вверх по склону и образовывать положительные формы рельефа: бугры, гребни, гривы, дюны, барханы. Во время пыльных бурь наиболее крупные частицы перемещаются перекатыванием, средние – скачками, мелкие – переносятся во взвешенном состоянии, поднимаясь до высоких слоев атмосферы, и перемещаются иногда за сотни и тысячи километров от очага дефляции.

При пыльных бурях крупные и средние частицы накапливаются у препятствий – лесных полос, кустов, заборов, дорог. Крайние наветренные лесные полосы погребаются иногда на высоту до 4 м. Помимо ущерба почве и урожаю, пыльные бури приводят к перерыву сообщения на железных и шоссейных дорогах, обвалу кровель, завалу колодцев, гибели скота, легочным и глазным заболеваниям людей.

Пыльные бури возможны в любое время года, но наиболее распространены весной, когда яровые еще не посеяны, а озимые слабы. В Азиатской части СССР, где мало снега, обычны зимние пыльные бури.

Эродированность – понятие относительное. Ее можно подразделять на ряд ступеней – от едва заметного смыва почвы до полной непригодности земельного угодья для какого-либо использования. Обычно эродированные земли продолжают использовать, даже если это уже давно стало экономически невыгодным. Их эксплуатация происходит без всякого применения противоэрозионной агротехники до тех пор, пока машины могут по ним проходить; факт эродированности просто игнорируется. Это приводит к быстрому усилению эрозии и неизбежно кончается списанием земель в залежи или прямо в неудоби. Такое использование эродированных земель следует рассматривать не как достижение, а как проявление бесхозяйственности.

Залежи всегда служат выпасами, хотя урожай трав на них обычно незначителен. Обратное вовлечение их в пашню решительно вредно. Однако непонимание разницы в происхождении залежей черноземных и нечерноземных зон приводит к недоразумению. Поскольку общепризнано, что залежи в нечерноземной зоне являются злом, то землепользователи стремятся их возвратить в пашню. Эта тенденция автоматически распространяется и на густонаселенные лесостепные, степные и сухостепные районы, где залежи не могут и не должны вовлекаться обратно в пашню, по крайней мере без длительной коренной мелиорации.

Использование эродированных земель должно производиться на основе следующих принципов. Если степень эродированности участка такова, что земледелие на нем еще возможно, то этот участок следует продолжать использовать при условии изменения севооборотов и применения специализированной агротехники, чтобы приостановить смыв и размыв (или соответственно выдувание) почв. Если степень эродированности делает

земледелие нерентабельным, участок после поверхностного или коренного улучшения травостоя должен быть использован под постоянное залужение (сенокос или регулируемый выпас) или под облесение. В некоторых случаях (при отсутствии густой эрозионной сети) участок после нескольких лет залужения и усиленного внесения удобрений может быть возвращен в пашню.

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ РАЗВИТИЯ УСКОРЕННОЙ ЭРОЗИИ И ДЕФЛЯЦИИ

Физические причины ускоренной эрозии были объяснены выше. Хозяйственные причины, ей способствовавшие, возникли в результате существовавшего в царской России общинного землепользования, при котором крестьянские полосы для уравнивания качества земли нарезались вдоль склона; удобрения в черноземной полосе не вносились, а из-за общей низкой культуры земледелия меры по водозадержанию не применялись. Поэтому эрозия в России достигла в дореволюционный период большой интенсивности.

При создании крупных механизированных хозяйств возникла реальная возможность для борьбы с эрозией. Однако она не всегда достаточно реализовалась. Например, в период освоения целины большим достижением считалось расширение пахотных площадей. При этом там, где не было резервов пахотопригодной целины, распахивались земли, неустойчивые против воздействия стока и ветра. На них начали образовываться овраги (врезавшиеся затем и в участки, сами по себе устойчивые) или пески, заносившие и суглинистые невыдуваемые земли. Несмотря на то что главный путь подъема сельского хозяйства и удовлетворения возрастающих потребностей страны в сельскохозяйственной продукции заключался во всесторонней механизации и последовательной интенсификации, тенденция расширения пахотных площадей некоторое время имела место.

Хотя три мероприятия, осуществленные в период после коллективизации, – ликвидация узкополосицы, увеличение глубины пахоты и широкое распространение зяблевой вспашки – способствовали подавлению эрозии, после создания крупных механизированных хозяйств появились новые причины, вызвавшие ее локализованное проявление. К ним относятся загонная пахота мощными тракторами, как правило, вдоль склона, распашка отдельных крутосклонных участков (до 10–20°), чрезмерное увеличение размеров полей, сокращение травосеяния, увеличение площади под пропашными культурами.

Постановления о запрещении пахоты вдоль склона выносились неоднократно. Теперь появилась техника, позволяющая осуществлять поперечную вспашку на склонах круче 7°.

Распашка крутых склонов вообще особенно вредна. Такие склоны редко выдерживают эксплуатацию дольше чем в течение 3–5 лет. В первые годы освоения целины такая распашка имела место на Алтае, и там в предгорьях появились новые очаги эрозии.

Большой размер полей не всегда совместим с пахотой поперек склона, так как равномерный уклон последнего в одну сторону на большом про-

тяжении является исключением. Как правило, склоны имеют двойную кривизну, и даже приблизительное соблюдение горизонтальности гонов требует обработки их небольшими участками или фигурной пахоты вдоль горизонталей. Кроме того, большие размеры полей исключают создание эффективной сети противоэрозионных лесных полос, буферных травяных полос или валов, без чего достаточное задержание склонового стока часто невозможно.

На сильноэродируемых участках многолетние травы создают наиболее устойчивый покров, поскольку они не требуют ежегодного рыхления почвы. При сокращении травополья не было учтено, что одно дело – вопрос о сравнительной выгодности разных кормов, другое – о выгодности использования трав как средства для закрепления почвы. Введение многолетних трав в севообороты во многих случаях является лучшим средством борьбы с эрозией, и на угрожаемых участках их посев должен осуществляться даже в тех случаях, когда другие кормовые культуры в первые годы могут дать больший выход кормовых единиц. Следует отметить также недопустимость распашки пойм без учета частоты их затопления паводками и скорости течения. Нередко из-за этого создавались новые очаги эрозии в поймах, т. е. там, где их никогда не было.

Введение в севооборот большого количества пропашных возможно при условии или размещения их на горизонтальных участках, или поделки земляных перемычек при окучивании по слабонаклонным бороздам. Однако в последние годы занятость пропашными культурами достигла в отдельных районах 50–60% посевной площади (Украина, Молдавия, некоторые районы Центрально-Черноземной области). При этом часть их приходилось высевать на крутых склонах. В этих условиях глубокие наклонно идущие борозды пропашных могут стать опасными концентраторами стока и создать сеть узких промоин, напоминающих промоины, возникающие при ирригационной эрозии. Кроме того, многократная культивация пропашных приводит к распылению почвы, еще более облегчающему их размыв.

Некоторые из перечисленных выше причин повлияли также на развитие дефляции. Освоение целинных земель производилось быстрыми темпами часто без достаточного научного обоснования. В частности, иногда распахивались обширные песчаные и супесчаные земли. Если некоторые из них использовались раньше в переложном земледелии, это совсем еще не значило, что их можно ежегодно распахивать без каких-либо противодефляционных мероприятий. По принципу "от горизонта до горизонта" нарезались поля по 300–500 га и более. При этом совершенно исключалась возможность ослабления силы ветра с помощью лесных, кустарниковых или травяных полос. Дело в том, что лесные полосы были бы эффективны в условиях Казахстана лишь при размере клеток порядка 0,5 × 1 км. При больших трудностях выращивания леса в семиаридной зоне для создания такой густой сети потребовались бы огромная затрата средств и значительное время.

Остальные причины развития сильной дефляции иные, чем причины развития эрозии. В отношении последней наибольшая опасность возникает при концентрации стока и общем увеличении его объема. Что касается дефляции, то скорость воздушного потока не играет решающей роли. Зато

неправильная (плотная) конструкция лесных полос может вызвать сильную турбулентность ветра и привести к образованию котлов выдувания.

Отвальная зяблевая пахота является одним из немногих прогрессивных мероприятий по предотвращению эрозии, но на выдуваемых почвах она решительно вредна. Как раз шаблонное применение ее в районах пыльных бурь было одной из главных причин их возникновения.

Против дефляции относительно устойчивы пропашные культуры. Отсутствие многолетних трав усиливает выдувание так же, как и эрозию, но на выдуваемых полях они нужны не столько в севооборотах, сколько в виде буферных полос.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ И ДЕФЛЯЦИЕЙ

1. Необходимо обратить очень серьзное внимание на ограничение отвода земель под затопление и застройку, а также подгорные выработки без рекультивации отвалов. При планировании размещения сельскохозяйственных культур неприемлема высокая концентрация пропашных. Следует прекратить укрупнение полей для облегчения разворота тракторов при отказе от чистых паров в зоне необеспеченного увлажнения. Запретить сплошные рубки и примитивные приемы трелевки горных лесов и т. п. При несоблюдении этих и ряда других мероприятий затрагиваются жизненные интересы будущих поколений, так как площадь оставляемой им плодородной земли с каждым годом уменьшается, а выпаханной, смытой, развеянной, изъеденной оврагами, затопленной, заваленной пустой породой и мусором – увеличивается.

Конфликты между использованием и сохранностью природных богатств неизбежно будут происходить до тех пор, пока сами планы сельскохозяйственного производства будут составляться без знания и учета местных природных условий.

Поэтому наиболее общей рекомендацией должно явиться строгое соблюдение требований охраны земель. При планировании любых мероприятий, связанных с использованием земли, должен быть положен в основу следующий принцип: если осуществление планов наносит ущерб ее плодородию, не компенсируя его другими несомненными и длительно действующими экономическими преимуществами, значит, эти планы порочны и должны быть пересмотрены.

2. Обязательной предпосылкой рационального использования земель являются их хорошая изученность, текущий учет и качественная оценка. В настоящее время эти операции объединяются в понятии земельного кадастра, который должен состоять из трех частей:

– типологии земель, т. е. списка земель, обладающих различными природными и благоприобретенными свойствами, требующих различных мелиораций разного направления и приемов использования;

– экономической оценки земель, т. е. разнесения их по классам от более ценных к менее ценным, необходимой для создания равных возможностей для производственной деятельности землепользователей, создания экономических стимулов интенсивной обработки земель и их улучшения;

– серий кадастровых карт – крупномасштабных карт землепользо-

ваний, на которых показано, к какому типу и какому классу экономической оценки относится каждый участок земли.

Земельный кадастр необходим для проведения правильной налоговой политики и политики цен на сельскохозяйственные продукты, для определения профиля и районирования сельского хозяйства, разработки производственных планов колхозов и совхозов, внутрихозяйственного землеустройства, проектирования мелиораций, в том числе мер по борьбе с эрозией и дефляцией, составления севооборота и технологических карт на обработку полей и других угодий, выбора машин и удобрений и планирования их производства в общегосударственном масштабе.

Нельзя подменить кадастр почвенной съемкой и так называемой бонитировкой почв, в принципе порочной, так как достоинства земельного участка определяются не только почвой, но всем комплексом природных условий (рельеф, мелкоконтурность, конфигурация, доступность, затененность, снегозаносимость и т. д.). Кроме того, почвы не могут быть ранжированы (расположены в качественный ряд по возрастающей ценности), так как ценность их различна в зависимости от использования, последнее же определяется экономическими соображениями. Ранжированы по стоимостным классам могут быть не почвы, а земли на основе таких критериев, как себестоимость производства, чистый или валовой доход и т. п.

С естественнонаучной и физико-географической стороны составление кадастра не вызывает больших трудностей. Оно тормозится слабостью сил экономистов, участвующих в разрешении этой проблемы. Однако только кадастр позволит выявить точное количество эродируемых и подверженных дефляции земель в пределах каждой административной единицы, точное их размещение, степень пораженности и составить конкретные планы их защиты и восстановления.

3. В настоящее время требования борьбы с эрозией и дефляцией вступают в противоречие с интересами хозяйств. Даже с учетом закона, по которому часть мелиоративных работ выполняется за счет государства, осуществление комплекса противоэрозионных мероприятий требует от колхоза дополнительных расходов, в частности, на внедрение специализированной агротехники, всегда более дорогой, чем стандартная.

Два смежных колхоза, из которых один расположен на ровном водоразделе, а другой – в узле балок и оврагов или один – на суглинистых плакорных землях, а другой – на песках речной террасы, оказываются в неравном положении. Если второй колхоз будет тратить дополнительные средства на борьбу с вредными природными процесами, то он меньше сможет откладывать в неделимый фонд и выдавать своим членам на трудодни (не говоря уже о том, что на худших землях он получает меньшие урожаи).

Если бы обложение производилось посредством земельного налога, взимаемого в разном размере в зависимости от определяемого по кадастру среднего класса земель каждого землепользователя, существовала бы возможность легко компенсировать различие природных условий путем установления дифференцированных ставок налога, и все хозяйства получили бы равный стимул к улучшению земель.

Экономисты должны продумать такую систему обложения колхозов,

при которой им было бы выгодно заботиться об улучшении своих земель и охране их от разрушительных процессов.

4. Земля, как и любые другие природные богатства, принадлежащие государству, формально не имеет цены. Это вытекает из того факта, что на создание природных ресурсов не затрачен ни труд, ни материал; они как бы являются бесплатным даром природы.

Однако это теоретическое положение приходит в противоречение с требованиями жизни. Из него следует, что нельзя объективно оценить величину материальной ответственности за разрушение или порчу земельных ресурсов (за уничтожение ресурсов взимается штраф, никак, однако, не соответствующий реальному ущербу, который понесло государство).

Если теория не выдержала испытания практикой, она или несовершенна, или устарела и должна быть усовершенствована. В данном случае это задача не только для экономистов, но и для юристов. Если ее не удастся решить, любые меры по охране качества земель не дадут нужного результата.

5. Эродированность земель не исключает возможности ведения рентабельного сельского хозяйства, но ограничивает выбор его отраслей и выращиваемых культур. Обычно она вынуждает к увеличению в нем доли животноводства и возделываемых многолетних культур, к уменьшению доли пропашных и увеличению доли многолетних трав в севооборотах.

Рациональное планирование в сельском хозяйстве представляется следующим образом. На основе изучения кадастра выясняются реальные возможности каждого хозяйства, обеспечивающие максимальную производительность при сохранении плодородия земель. Эти возможности, как правило, допускают выбор одного из нескольких вариантов. Выбор производится с учетом общих интересов государства. Путем суммирования ожидаемых объемов продукция по избранным культурам и видам скота устанавливается план для области. республики, всего Советского Союза. Если оказывается, что природные возможности не вполне соответствуют потребностям населения, недостаток одних и излишек других продуктов регулируется посредством внешней торговли. "Насилие над природой", позволяющее временно удовлетворить потребности за счет подрыва основных ресурсов, не должно рассматриваться как приемлемый выход из положения.

6. Установка на развитие интенсивного, а не экстенсивного хозяйства означает, что в хозяйствах, расположенных в районах распространения эрозии и дефляции, следует поощрять как прогрессивное мероприятие уменьшение пахотной площади при условии:

— сохранения на уменьшенной площади сборов продукции не ниже прежних;

— трансформации выведенных из пашни эрозионных или дефляционных участков в культурные естественные кормовые угодья, сады или лесонасаждения. При наличии материальной заинтересованности в расширении производства хозяйство, использовав все возможности повышения урожая на землях высших классов, должно обратиться к использованию участков худшего качества. Однако повторное вовлечение их в земледелие может быть разрешено лишь при условии ведения на них специали-

зированной агротехники, гарантирующей сохранность почвы (достаточно густая сеть лесных полос, ленточное земледелие, террасирование и т. п.).

Переходя к изложению технических мероприятий по борьбе с эрозией и дефляцией, отметим, что они окажутся действенными лишь при создании указанных выше экономических предпосылок.

7. Проведение конкретных мероприятий по борьбе с эрозией и дефляцией должно строиться на основе районирования по факторам, вызывающим эти вредные процессы, и разработки для каждого района, отличающегося относительной однородностью условий, специфической системы мероприятий, включающей рациональную организацию территории и ряд мероприятий – агротехнических, агромелиоративных, лесомелиоративных и гидротехнических.

О содержании систем мероприятий здесь можно высказать лишь самые общие соображения, поскольку как сами мероприятия, так и их комбинации должны быть различны в каждой местности и даже на каждом поле одного и того же хозяйства. Всякая абсолютизация мероприятий, оправдавшихся в каком-либо районе, реклама их в качестве панацеи для всей территории Советского Союза могут принести только вред.

8. Специализированное внутрихозяйственное землеустройство строится таким образом, чтобы каждый участок земли давал наибольшее количество возможной продукции при достаточной гарантии против возможного разрушения и истощения почв.

На пологих участках (приводораздельные пространства, речные террасы) обычно создаются прямоугольные или трапецеидальные поля, вытянутые приблизительно поперек склона, ограниченные лесными полосами при оптимальной величине клеток, устанавливаемой на основе геофизического расчета поглощения склонового стока, равномерного распределения снега и максимального ослабления действия суховеев на всей площади клетки.

На крутых (от 2–3 до 6–8°) участках необходимо вводить ленточное земледелие с нарезкой узких полей, вытянутых параллельно горизонталям с чередованием вдоль склона густопокровных и пропашных культур, а также сеяных трав. Этот метод давно зарекомендовал себя в США и ряде других стран как наиболее сильное средство подавления эрозии и восстановления плодородия смытых почв. Он дал хорошие результаты при испытании в Молдавии и в отдельных колхозах УССР и РСФСР.

В задачи противоэрозионного землеустройства входит также планирование закрепления оврагов посадками, валами и запрудами, выделение в лощинах и балках участков для коренного улучшения сенокосов и пастбищ, нарезка загонов пастбищеоборота, отведение участков для облесения с доведением лесистости до оптимальной для данной зоны и типа рельефа. Наконец, необходимо специальное противоэрозионное проектирование межселенных и полевых дорог с водозадержанием и водоотводом на склонах, а также проектирование прудов в балках и берегоукрепительных сооружений на реках.

В районах дефляции поля и клетки лесных полос должны быть вытянуты поперек направления господствующих ветров, чаще всего вызывающих пыльные бури. Размер клеток определяется исключительно расчетом их ветроломного воздействия. На наиболее легко развеваемых почвах

целесообразно ведение полосного земледелия, подобного ленточному, но с прямыми полосами посевов, вытянутыми в том направлении, что и клетки лесных полос. В наиболее тяжелых случаях полосы сельскохозяйственных культур следует чередовать с полосами многолетнего залужения. Слабо задернованные или уже развеваемые пески отводятся под облесение засухоустойчивыми древесными породами.

Важным элементом землеустройства является обводнение пастбищ во избежание разбивания песков скотом около чрезмерно сосредоточенных водопоев, а также прокладка скотопрогонов и защита их от развевания. Лесные полосы защищают от ветра и пыли также населенные пункты, фермы, дороги, колодцы и сады.

Главной задачей противоэрозионной организации территории в районах искусственного орошения является размещение поливных чеков с наименьшим уклоном вдоль борозд. При невозможности выбрать подходящее направление необходимо предусматривать террасирование склонов, которое осуществляется во многих странах Азии и Средиземноморья, а также применять дождевание.

9. Основа борьбы с эрозией – предотвращение склонового стока. Если все осадки впитываются вблизи того места, где они выпали, склоновый сток, а следовательно, и эрозия не возникают. Задержание стока имеет и самостоятельное значение, так как улучшает водный баланс полей, способствует расходованию основной части осадков на транспирацию, уменьшает опасность почвенной засухи. В то же время задержание стока срезает пики паводков и позволяет избежать наводнений. Величина меженного питания рек при этом в зависимости от гидрогеологических условий может увеличиться или остаться прежней. Очевидно, что борьба за воду начинается на водоразделах и распространяется сверху вниз. Поэтому агротехнические противоэрозионные мероприятия на межбалочных пространствах являются первоочередными.

На пологих участках (примерно до 2–3°) проведение зяблевой вспашки и сева пропашных поперек склона – обычно необходимая и достаточная мера подавления стока. При квадратно-гнездовом севе окучивание должно производиться сперва вдоль, потом (сразу же) поперек склона. При весенней обработке полей под яровые важно, чтобы боронование и сев проводились поперек склона. Хороший результат дает также перекрестный сев.

На уклонах более 2–3°, особенно на тяжелых почвах, поперечная пахота уже не является гарантией против развития эрозии. В этом случае необходимо гребневание (через 3–5 корпусов плуга), если борозды идут вдоль горизонталей, или прерывистое бороздование, а на пропашных – устройство перемычек, если имеется продольный уклон или поле пересекается пологими ложбинами. Иногда заменой бороздования может быть щелевание. Во всех случаях полезны рыхление подпахотного слоя и почвоуглубление. Всегда увеличивает инфильтрационную способность почвы высокая общая культура земледелия, в первую очередь правильно построенные и длительно соблюдаемые севообороты, применение системы удобрений, основывающейся на данных агротехнических анализов почвы.

Весьма существенно поддержание ровного микрорельефа поля: чередование пахоты в свал и в развал, заделка разъемных и отпашных борозд,

разворот только по поворотной полосе с последующей запашкой, недопущение выездных борозд и любых повреждений дернины за пределами поля. Обязательно также выглубление корпусов плуга при пахоте через ложбины и дороги.

Наряду с полевыми и кормовыми на наиболее угрожаемых участках должны выделяться почвозащитные севообороты с многолетними травами и без пропашных.

На участках контурного (вдоль горизонталей) и ленточного (с чередованием культур) земледелия лесные полосы не создаются, пахота ведется преимущественно с оборотом пласта только вниз по склону, для чего нужны челночные тракторы. Они необходимы также для пахоты на коротких гонах между оврагами.

Агротехнические мероприятия по борьбе с дефляцией направлены на гашение скорости ветра в приземном слое воздуха, а также на улучшение структуры и увеличение влажности почвы. В качестве основного средства ослабления ветра рекомендуется безотвальная пахота, при которой почва рыхлится, но стерня сохраняется. Если пахота производится под пар или зябь, стерня задерживает снег и препятствует выдуванию почвы. Это средство, безусловно полезное, часто переоценивается. В ряде районов оно эффективно только в сочетании с лесными полосами. Другое общеизвестное средство – кулисные пары из высокостебельных растений. Для увеличения влажности почвы необходимо снегозадержание; летом может оказаться полезным мульчирование. Если развеваемые поля находятся на склонах, то все меры по водозадержанию, применяемые для борьбы с эрозией, окажутся полезными и для борьбы с дефляцией.

10. Лесомелиоративные мероприятия в эрозионных районах заключаются в создании противоэрозионных водопоглощающих полос, прибровочных полос и насаждений на неудобных землях и в балках.

Противоэрозионные полосы создаются в общем направлении поперек склона, по возможности прямолинейно, чтобы не мешать механизированной обработке почвы. Их нельзя приурочивать к границам существующих полей севооборота и бригадных участков. Положение полос определяется гидрологическим расчетом (Арманд, 1961б), а затем к ним, путем разумного компромисса, должны приурочиваться границы полей.

В случае необходимости возможно создание лесных полос и внутри поля, параллельно его длинным сторонам. Наивыгоднейшая конструкция противоэрозионных полос – плотная, с кустарниковым подлеском. Но поскольку большей части полос приходится одновременно бороться и со стоком, и с ветром, целесообразно их делать ажурными в верхнем ярусе, продуваемыми – в среднем и плотными (с низким кустарниковым подлеском) – в нижнем.

Противоэрозионные полосы служат "второй линией обороны" на случай невозможности задержать весь сток на поле при особенно сильных осадках или слитном промерзании почвы. Для увеличения емкости полос их можно по нижней опушке снабжать прерывистыми канавами.

Прибровочные лесные полосы плотной конструкции необходимо создавать вдоль балок, непосредственно выше бровки там, где она не расчленена оврагами или промоинами, или выше вершин оврагов и промоин, если они образуют на склоне балки густую, но короткую гребенку. Прибро-

вочные полосы защищают только склоны самих балок и эффективны лишь в том случае, если основная часть стока перехватывается на межбалочном пространстве. Прибровочные полосы, сажаемые вдоль оврагов, направленных к балке вниз по склону, вредны.

Сплошному облесению следует подвергать залежи, изрезанные промоинами, наиболее эродированные склоны балок, склоны оврагов, после того как они достаточно сположились, участки в вершинах оврагов с звездообразно расходящимися ложбинами, песчаные и щебнистые участки и т. п. Но прежде всего должны оберегаться существующие леса, включаемые в единую сеть лесонасаждений.

В днищах оврагов рекомендуется устройство ивовых илофильтров. Отдельные деревья, пни и группы кустарников среди полей, препятствующие их обработке, выкорчевываются.

На террасированных склонах хорошее укрепление откосов террас и защита культур от ветра достигаются посадкой кустарников или невысоких деревьев на откосах между террасами. В районах орошения для уменьшения испарения и усиления десукции фильтрующихся вод, угрожающих вторичным засолением, каналы окаймляются однорядными аллеями.

Придорожные лесные полосы располагаются с отступом от полотна дороги примерно на 15 м во избежание собирания на нем снега в сугробы. Полосы отчуждения могут распахиваться.

В районах дефляции сеть лесных полос слагается из клеток, так как направление ветров непостоянно. Конструкция ветроломных полос всегда ажурнопродуваемая. Величина клеток определяется длиной создаваемой ими ветровой тени, а последняя – высотой деревьев; следовательно, чем более засушлива местность, тем гуще должна быть сеть лесных полос, так как деревья в ней неизбежно будут более низкими.

11. Под агромелиоративными мероприятиями подразумевается создание многолетних элементов микрорельефа, предназначенных для водозадержания и планировки пахотных участков.

На наиболее крутых участках (6–8°) возможно сочетание контурной пахоты с обвалованием. Постепенная припашка почвы к валу, проходящему вдоль нижней границы поля, приводит к самотеррасированию.

Наиболее сложной формой агромелиоративных работ является террасирование склонов, настолько крутых (8–35°), что они не могут быть использованы даже при контурной пахоте. В настоящее время в СССР террасирование рентабельно только под высокоценные культуры – цитрусовые, плодовые, виноград. Посадка на террасах древесно-кустарниковых пород позволяет посредством внесения удобрений в каждое посадочное место компенсировать уничтожение почвенного покрова. Можно думать, что при дальнейшем усовершенствовании террасеров и разработке методов сохранения почвы склонов и обратного насыпания ее на полотно террасы станет выгодно террасировать склоны и под технические, а также продовольственные однолетние культуры.

Районы, в которых развита дефляция, в агромелиоративных работах обычно не нуждаются, если не считать планировки ранее насыпанных ветрами почвенных бугров, валов и т. п.

12. Гидротехнические работы по борьбе с эрозией включают постройку каскадов небольших запруд на оврагах, более крупных плотин прудов в

балках и рытье прудов-копаней в водоподводящих ложбинах, питающих овраги. Запруды и плотины могут быть земляными, деревянными, фашинными, кирпичными, каменными или бетонными. Они должны в каждом случае сооружаться по особому проекту с применением стандартных узлов.

В головах оврагов сооружаются так называемые валы Боткевича – крутосклонные дугообразные валы, обращенные усами вниз (водоотводящие) или вверх (водозадерживающие). Выбор конструкции валов зависит от величины водосбора оврага и модулей стока. Водоотводные валы сбрасывают воду на хорошо задернованные участки склона. В приречных районах найден способ замывания оврагов землесосными снарядами.

Все указанные выше операции испытывались в отдельных хозяйствах в СССР или зарубежных странах и дали положительные результаты. Отдельные неудачи обусловливались тем, что те или иные мероприятия применялись не к месту или не комплексно, либо выполнялись недоброкачественно, не были обеспечены техническими средствами.

13. После указанных выше проблем следующей по важности проблемой является обеспечение техникой.

Первоочередное значение для борьбы с эрозией и дефляцией имеет выпуск достаточного количества маневренных тракторов и орудий средней и малой мощности для работы в расчлененной местности и в клетках лесных полос. Не размер клеток должен устанавливаться в соответствии со все растущей мощностью тракторов, а соотношение количества тракторов разной мощности должно определяться размерами клеток, оптимальных для защиты почв и растений в разных зонах и регионах.

Ряд машин, уже применяемых в настоящее время, – лесопосадочные машины, лесные сеялки и лесные культиваторы – нуждается в улучшении.

14. Хотя все перечисленные приемы борьбы с эрозией и дефляцией, их предотвращения и восстановления поврежденных земель на тех или иных участках испытывались, использование их часто было некомплексным, географические границы их применения остались неустановленными, испытания проводились в малых масштабах. Чтобы рекомендовать целые системы мероприятий для массового применения в народном хозяйстве, они должны быть испытаны именно как системы. Для этого надо иметь развитую сеть опытных станций на территориях с различными природными и хозяйственными условиями, разными проявлениями эрозии и дефляции.

В СССР сеть опытных станций указанного профиля невелика. Она сводится к опорным пунктам Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации, Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и некоторых других республиканских институтов. Эти опорные пункты делают полезную работу, но они в финансовом и техническом отношении маломощны, часто бедны кадрами, расположены на недостаточно типичных участках. Каждый из них разрабатывает немногие приемы борьбы с эрозией и дефляцией; редко встречаются хозяйства полного цикла, которые могли бы служить примером для колхозов и совхозов тяготеющей к нему зоны. На большей части опорных пунктов экономика борьбы с вредными процессами не изучается и не ведется бухгалтерский учет стоимости каждого мероприятия и его экономического эффекта.

Противоэрозионные и противодефляционные опытные станции следует

создавать по образцу зональных сельскохозяйственных опытных станций. После проверки изучаемой технологии на своих землях станции должны заключать договора с колхозами и совхозами о методической и технической помощи в перестройке их хозяйства.

Существующие сельскохозяйственные станции не могут выполнять указанных функций, так как, будучи созданы в основном для селекционной работы, как правило, располагаются на лучших землях, не страдающих от эрозии и дефляции.

15. Борьба с эрозией и дефляцией – крупнейшая и сложнейшая проблема сельского хозяйства. Для постановки ее на высоком уровне нужны многочисленные специалисты разного профиля с высшим и средним образованием. Необходимы также курсы переподготовки и повышения квалификации для практиков сельского хозяйства и механизаторов.

Надо организовать курсы агролесомелиорации (включая в их программу изучение простейших гидротехнических сооружений) и земельного кадастра в сельскохозяйственных, лесных, землеустроительных и гидромелиоративных институтах. Поскольку нельзя рассчитывать, что в районах и колхозах в обозримый период будут учреждены штатные должности по разным отраслям агролесомелиорации, каждому специалисту придется руководить всеми отраслями мелиорации. Поэтому и готовить их надо по широкому профилю.

Для разработки научных вопросов борьбы с эрозией и дефляцией, являющихся важной частью более широкой проблемы преобразования природы, желательно готовить специалистов на географических факультетах, для которых характерен комплексный подход к процессам, протекающим в природе и хозяйстве. Для этого было бы целесообразным создание специальных кафедр. Курсы по различным аспектам преобразования природы и земельного кадастра (может быть, как факультативные) полезно организовать также на биологических, экономических и юридических факультетах университетов и естественногеографических факультетах педагогических институтов.

16. Задача столь огромной сложности и важности, как борьба за сохранение земельных ресурсов, не может быть решена без создания специального административного аппарата, руководящего планированием, организацией работ и контролем за их осуществлением.

Следует учесть опыт США, где приостановить катастрофические эрозию и дефляцию удалось лишь в результате создания Службы охраны почв, обладающей широкими полномочиями, объединяющей административные, опытные и контрольные функции и имеющей аппарат в центре и на местах в несколько тысяч человек, занимающихся только борьбой за охрану почв. Разумеется, организационные формы в СССР должны быть иными.

СРЕДСТВА И ПОРЯДОК РАБОТЫ

Исчисление, хотя бы ориентировочное, стоимости перечисленных выше мероприятий не представляется возможным до разработки их региональных систем и уточнения, где какие мероприятия должны осуществляться. После окончания такой разработки примерная смета может быть составлена компетентным коллективом экономистов и технологов.

Что касается разбивки плана работ по десятилетиям, то она может быть предложена в самых разных вариантах в зависимости от того, насколько серьезное внимание будет уделено этому делу и какие средства будут ассигнованы. Здесь же можно указать лишь на логический порядок, срочность отдельных этапов. Он представляется следующим: 1) создание руководящего органа; 2) распределение проблем, подлежащих решению, между научными институтами, если надо, создание новых институтов и лабораторий; 3) разработка конструкций машин; 4) пуск машин в производство; 5) создание сети опытных станций; 6) создание сети опорных колхозов и совхозов; 7) осуществление земельного кадастра, начиная с районов, наиболее пораженных эрозией и дефляцией; 8) проведение специального землеустройства, опять-таки начиная с наиболее пострадавших хозяйств; 9) введение противоэрозионной и противодефляционной агротехники на полях, включая перевод части их на ленточное земледелие, и насаждения полезащитных лесных полос; 10) насаждение прибровочных лесных полос и гидротехнических сооружений в вершинах оврагов; 11) облесение овражно-балочной сети и сооружение плотин.

Разумеется, не следует начинать каждый последующий этап лишь тогда, когда полностью выполнен предыдущий. Каждое мероприятие может начинаться, когда сделаны первые шаги по внедрению предыдущего.

НЕОБХОДИМЫЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ И ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

К числу нерешенных и притом наиболее актуальных проблем относятся прежде всего экономические, перечисленные в разделе "Рекомендации по борьбе с эрозией и дефляцией" в пунктах 1–6.

Труднейший узел проблем представляет разработка системы земельного кадастра. В нее входят отбор экономических показателей для оценки земель, сочетание хозяйственных и природных факторов, разработка единой системы классов земель для территории всего Советского Союза, а также единой типологии земель, разработка кадастровых карт, содержащих все необходимые агротехническим работникам сведения и в то же время легко читаемых и понятных.

Технической, но весьма важной задачей, связанной с кадастровыми картами и землеустроительными планами, является изыскание возможностей показа на этих картах рельефа. При отсутствии на планах землеустройства и кадастра изображения рельефа их нельзя использовать для борьбы с эрозией: они не позволяют правильно выбрать направление пахоты, определить длину гонов и уклон, на котором будут работать тракторные агрегаты, а следовательно, и подобрать наивыгоднейшие типы машин. При составлении проектов, не основанных на картах с рельефом, не представляется возможным производить гидрологические расчеты, проектировать валы, лесные полосы, ленточные поля и т. д. Важность задачи заставляет изыскать приемлемые методы показа рельефа на крупномасштабных картах землепользований или их более мелких участков.

К задачам составления кадастра примыкает средне- и мелкомасштабное районирование противоэрозионных и противодефляционных мероприятий для нужд областных и центральных плановых и хозяйственных органов.

Оно является неотъемлемой частью общего сельскохозяйственного районирования, поскольку и сами системы противоэрозионных мероприятий не могут разрабатываться как независимые от общих мероприятий по подъему сельского хозяйства; они входят в них как один из важнейших элементов, способствующих этому подъему.

Следующей задачей явится создание типового атласа проектов организации территории для разных зон и типов ландшафта.

Каждый из элементов комплексной системы мероприятий включает множество недоработанных проблем, бóльшая часть которых может быть, однако, решена на уровне опытных станций.

Большой цикл конструкторских работ может быть проведен специальными институтами – ВНИИ агролесомелиорации, ВНИИ сельскохозяйственного машиностроения и ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.П. Костякова – в содружестве с конструкторскими бюро заводов, которым будет поручено изготовление специальной техники.

Наконец, само осуществление работ по борьбе с эрозией и дефляцией, как было указано, начинается с проекта организации территории для каждого землепользования, проектов всех необходимых сооружений и насаждений и составления технологических карт на земледельческие операции по каждой культуре и каждому производственному участку.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДЬЯХ[1]

В лесостепной и степной зонах СССР степень влияния на урожайность сельскохозяйственных культур защитных лесных насаждений зависит от их размещения. Правильным следует считать такое размещение лесных полос, которое для данного сочетания местных условий может обеспечить наиболее эффективное действие насаждений в нужном нам направлении при наименьших затратах труда, средств и земельной площади.

Проектирование сети защитных лесных насаждений состоит из двух частей: расчета и размещения.

Расчет имеет целью установить наиболее выгодные основные размеры сети: ширину лесных полос, расстояние между ними и от них до главнейших линий рельефа – водоразделов, уступов террас, бровок долин и т. п. Расчет производится по формулам, выведенным на основе физических законов, управляющих теми процессами, на которые должны воздействовать лесные полосы, или на основе опытных данных. Однако проектировщикам почти не приходится иметь дело с формулами. Вычисления по ним для наиболее часто встречающихся сочетаний природных условий уже выполнены и результаты сведены в таблицы или представлены в виде простых графиков, позволяющих без особых трудностей и специальных математических познаний находить искомые размеры.

К овражно-балочным насаждениям расчет по этим таблицам не приме-

[1] Статья публикуется впервые. Теоретическое обоснование этой темы см. в статье: Д.Л. Арманд, 1961а.

няется, так как их размеры и положение в рельефе зависят от размеров и формы самих оврагов и балок.

Размещение защитных лесных насаждений – задача землеустроительная. Целесообразно, чтобы ее решала комиссия в составе землеустроителя, агронома, почвоведа и лесомелиоратора; в ряде случаев необходимо также участие гидротехника.

Проект сети защитных насаждений должен проверяться экономическим расчетом – сравнением расходов, необходимых для его осуществления, с ожидаемыми выгодами от увеличения урожаев и прекращения эрозии.

ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лесные полосы большей частью выполняют одновременно несколько задач. Особенно часто встречаются полосы, которые весной должны поглощать сток талых вод, летом – ливневой сток и защищать поля от суховеев и пыльных бурь, зимой – предотвращать снос снега в овраги и балки. Применительно к каждой из этих задач расчет целесообразной длины и ширины лесных полос следует производить отдельно, причем их размеры, как правило, получаются разными и из них следует принимать наибольший. При расчете расстояний между лесными полосами из нескольких полученных размеров приходится, наоборот, принимать наименьший.

Некоторые из природных условий, влияющих на выбор размеров сети лесных полос, остаются неизменными на больших пространствах, например главные черты климата, а некоторые многократно изменяются даже в пределах водосбора небольшой балки или межбалочного водораздельного пространства, например крутизна склона, степень смытости почв и др. При проектировании защитных насаждений для определения влияния неизменных и изменяющихся факторов применяются разные способы.

В первом случае проектировщик находит на картах с отраженными на них изменениями соответствующих природных факторов ту местность, для которой составляется проект, и по проставленным на карте цифрам или надписям устанавливает, в какой графе соответствующей таблицы (или в какой точке графика) нужно искать подходящие к этой местности размеры сети.

Изменения природных факторов второго рода не могут быть нанесены на карты мелкого и среднего масштабов. Проектировщики определяют их по имеющимся в их распоряжении крупномасштабным топографическим и почвенным картам или прямо по местности в ходе ее предварительного обследования. Затем они находят полученные по карте или в результате наблюдений данные в таблицах или на графиках. Часто может оказаться, что в таблицах таких данных нет или на графиках соответствующая кривая отсутствует. Тогда надо взять соседнюю наиболее близкую цифру или кривую. При этом предпочтительно допускать отклонение в ту сторону, которая обеспечивает получение некоторого "запаса прочности". Например, если по измерениям уклон оказался равным 0,05, а на графике ширины лесных полос есть кривые, соответствующие только уклонам в 0,04 и 0,06, то следует воспользоваться последней кривой, так как при уклоне в 0,06 опасность эрозии больше. Можно также брать промежуточные значения (интерполировать).

Целесообразно применять следующий порядок проектирования.

1. Основываясь на предварительном изучении землепользования, определяется, какие части его нуждаются в защите от неблагоприятных природных процессов, поддающихся лесомелиоративному воздействию. Эти участки оконтуриваются на топографической основе.

2. Площадь, нуждающаяся в защите, подразделяется на относительно однородные участки, т. е. такие, которые обладают одинаковыми условиями и страдают от одних и тех же вредных природных процессов.

3. Для каждого участка с помощью таблиц и графиков определяются наивыгоднейшие размеры сети лесонасаждений. На план наносится положение лесных полос, соответствующее этим размерам (расчетная схема). Затем на него же наносятся насаждения, проектирумые без расчета (овражно-балочные, на каменистых и песчаных грунтах и др.).

4. На отдельных экземплярах основы составляется несколько вариантов размещения сельскохозяйственных угодий и полей севооборотов с таким расчетом, чтобы наибольшее количество хозяйственных границ совпадало с наивыгоднейшим (расчетным) положением лесных полос. Выбирается вариант, более всего приближающийся к расчетной схеме.

5. Полного совпадения, как правило, достигнуть не удается, поэтому допускается, с одной стороны, некоторое отступление от принятых хозяйственных требований (например, изменение соотношения между полевыми и кормовыми севооборотами, увеличение неравновеликости полей и т. п.), с другой – отступление в допустимых пределах от наивыгоднейших размеров сети (например, увеличение одних и уменьшение других межполосных клеток). Если для совмещения с границей полей лесную полосу нужно перенести настолько далеко, что действенность ее может значительно уменьшиться, делать этого не следует; правильнее поместить ее посреди поля, но обязательно параллельно его длинным сторонам.

6. Разработанный "компромиссный" проект, в наибольшей степени удовлетворяющий и физическим закономерностям мелиоративного воздействия насаждений, и организационно-хозяйственным требованиям, окончательно оформляется в масштабе, принятом для проектов землеустройства данной области, и представляется на утверждение.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Разнообразие типов местности создается за счет сочетаний типов рельефа, климата, почв, растительности и природных процессов, как протекающих в них самих, так и межкомпонентных. При составлении проекта весьма важно правильно назвать и охарактеризовать каждую деталь местности и каждое явление природы, которое должно быть учтено при проектировании сети лесонасаждений. Поскольку же единая терминология в этой области не установлена, то во избежание недоразумений ниже даются определения важнейших терминов в том понимании, которое принято в настоящих методических основах.

Неблагоприятные природные процессы, с которыми можно бороться средствами лесомелиорации. К таким процессам относятся вредные метелевые и суховейные ветры, выдувание почв, поверхностный сток и оползневые процессы.

Суховеи – движение сухих и теплых воздушных масс, приводящее к усиленному испарению воды растительностью и иссушению почвы, а после исчерпания запасов влаги – к увяданию растений. Суховеи проявляются в форме сильного, но кратковременного жаркого и сухого ветра или в форме ветра более слабого, но длительного. Однако засухи могут протекать и при безветренной погоде. Таким засухам защитные лесонасаждения могут противостоять лишь косвенно – путем задержания снега в течение зимы и накопления в почве теплых вод.

Метелевыми ветрами называются ветры, дующие во время снегопада и способствующие сносу снега в овраги и балки, а также ветры, дующие после снегопада, но до уплотнения снежного покрова, сносящие с полей уже выпавший снег.

Выдувание почвы – это отрыв ветром частиц и комочков (агрегатов) почвы от остальной ее массы. Выдувание сопровождается ветровым переносом частиц почвы (путем их взмучивания или перекатывания) и отложением (ветровой аккумуляцией) их в зонах затишья. Ветровой перенос частиц почвы, сопровождающийся значительным помутнением атмосферы, называется пыльной бурей.

Поверхностный сток – совокупность текучих вод, образующихся на земной поверхности в результате выпадения дождей или таяния снега. По форме потоков поверхностный сток разделяется на склоновый, состоящий из мелких струй, покрывающих значительную часть поверхности склонов и постоянно перемещающихся под влиянием самоизлияния и обработки полей, и русловой, сосредоточенный в определенных, сохраняющихся из года в год руслах. Русловой сток делится на временный, связанный с определенными сезонами или отдельными случаями выпадения осадков и продолжающийся от нескольких минут до нескольких месяцев, и постоянный, длящийся в течение всего года. Склоновый сток снега всегда бывает временным.

При достижении размывающих скоростей поверхностный сток вызывает эрозию – отрыв текучими водами от почвы или от горных пород частиц или комочков. Эрозия вызывает движение наносов (твердый сток или стоковый перенос) и отложение их (водной аккумуляцией) в местах замедленного течения.

Эрозия протекает в форме смыва или размыва. Смыв происходит под влиянием склонового стока и заключается в более или менее равномерном сносе поверхностного слоя почвы. Размыв протекает под воздействием стока и приводит к углублению и расширению русел временными или постоянными потоками. Углубление русел называется глубинной эрозией, а расширение – боковой.

Оползневый процесс заключается в отрыве от склонов больших масс горных пород без нарушения (в начале процесса) их строения и медленном сползании их по поверхностям скольжения. В отличие от эрозии оползневые процессы вызываются не поверхностным, а грунтовым стоком.

Формы рельефа, на которых могут размещаться защитные насаждения. При проектировании сети защитных насаждений первостепенное значение имеет деление территории на водосборы. Каждый водосбор состоит из разветвляющейся сети долин, балок и более мелких эрозионных форм, называемых в совокупности гидрографической сетью, и разделяющих их

плоских, волнистых или холмистых площадей – водораздельных пространств.

Разделяющие балки пространства называются межбалочными массивами. Каждое водораздельное пространство состоит из нескольких склонов, сбегающих к отдельным элементам гидрографической сети. Граница противоположных склонов (не всегда ясно выраженная в рельефе) называется водоразделом. Водораздельные пространства иногда незаметно переходят в склоны гидрографической сети, но чаще отделяются от них четкими бровками.

Склон разделяется на подбровочную и надбровочную части. Последняя в свою очередь делится (без резкой границы) на присетевую и приводораздельную. Подбровочный склон в зависимости от эрозионной формы, часть которой он составляет, называется долинным, балочным.

Линейные углубления, вмещающие меженные воды, называются руслами. Последние могут быть действующими или сухими, временно лишенными текучих вод или окончательно ими покинутыми. Склоны русел (но отнюдь не долин или балок) называются берегами. Плоское пространство между противоположными подбровочными склонами в эрозионных формах, созданных временными водотоками, называется днищем, в долинах постоянных рек и ручьев – поймой. Иногда выделяются низкая пойма, затопляемая ежегодно, и высокая пойма, затопляемая при исключительно высоких паводках.

Линия, проходящая через низшие точки всех поперечных профилей эрозионной формы, называется ее тальвегом. Если в эрозионной форме есть действующее русло, тальвег совпадает с линией его наибольших глубин. Линии наибольшего уклона от водораздела до тальвега, по которым проходит сток, – это линии стока (но отнюдь не "тока", как иногда говорят). Линии склонового стока с обеих сторон сходятся к тальвегу.

По форме поперечного профиля склоны разделяются на выпуклые, вогнутые и террасированные (ступенчатые). Прямые склоны (точнее, прямые участки склонов) представляют переходную форму между выпуклыми и вогнутыми.

Бóльшая часть элементов рельефа повторяется на склонах любой формы. Однако между ними в этом отношении есть и отличия. На вогнутых склонах единственными выраженными бровками обычно бывают бровки берегов рек. Зато часто ясно видны вогнутые перегибы склонов. Водоразделы вогнутых склонов увенчаны водораздельными грядами или холмами. Террасированные склоны, как видно из названия, характеризуются естественными террасами. Счет террас ведется снизу. Крутой участок склона выше поймы или террасы именуется уступом.

Кроме элементов рельефа, выделяющихся на профиле, важно различать формы отдельных частей водосборов в плане. Таких характерных форм может быть три: рассеивающая, при которой горизонтали повернуты выпуклостью вниз по склону, а линии стока в этом же направлении расходятся (лбища склонов); собирающая, при которой горизонтали повернуты вниз по склону вогнутостью, а линии стока в этом же направлении сходятся (котловины, широкие ложбины); нейтральная, при которой горизонтали идут прямо, а линии стока параллельны друг другу.

Рассеивающие водосборы в свою очередь делятся на веерные, в которых линии стока расходятся из одного центра и не разделяются четко выраженным водоразделом, и перистые, в которых отчетливо различается понижающийся водораздел, а линии стока отходят от него в обе стороны. Точно так же на веерные, или перистые, делятся и собирающие водосборы.

Для правильного проектирования защитных лесонасаждений, расположенных в пределах гидрографической сети и вдоль ее бровок, важно различать эрозионные формы разного типа.

Выделяются четыре основные формы, создаваемые нормальной эрозией: ложбины, лощины, балки и долины.

Ложбины – пологие эрозионные формы с нечетко выраженными бровками и склонами, плавно переходящие в днище. Крутизна их склонов обычно не превышает 3–8°. Ложбины являются частью водораздельных пространств.

Лощины – эрозионные формы с четко выраженными бровками, корытообразным или желобообразным поперечным сечением, слабовогнутыми или плоскими днищами. Крутизна склонов достигает 15–30°.

Балки – крупные эрозионные формы с четко выраженными бровками и днищем, часто с сухим руслом или отдельными бочагами. Противоположные склоны обычно имеют разную крутизу, встречаются подмывы. Нередко на склонах развиты террасы. Крутизна склонов в подмытых местах – до 35°, средняя – около 13°.

Долины – формы, сходные с балками, но отличающиеся наличием постоянного или длительно действующего водотока и связанных с ним форм рельефа: поймами стариц, притеррасовыми впадинами, прирусловыми валами и др.

Основные формы, создаваемые ускоренной эрозией на надбровочных и подбровочных склонах, также многочисленны.

Струйчатые размывы – мелкие канавки, обычно прямоугольного сечения, образующиеся в результате размыва почвы струями склонового стока. Максимальные ширина и глубина их 0,5 м. Они легко заравниваются земледельческими орудиями и поэтому постоянно меняют место.

Промоины – более глубокие эрозионные формы, обычно прорезающие почву и углубляющиеся в почвообразующую породу. Они имеют продольный профиль, приблизительно параллельный поверхности склона. Распространенные размеры: ширина – 0,5–8 м, глубина – 0,5–3 м. Промоины непроходимы для тракторных агрегатов.

Овраги – эрозионные формы, врезающиеся в почвообразующие породы и вырабатывающие продольный профиль (вогнутый или ступенчатый), не совпадающий с поперечным профилем склонов или продольным профилем балок, в которые они врезаются. Овраги расширяются при пересечении бровок. Глубина наиболее крупных оврагов на Русской равнине достигает 30 м, а ширина – 50 м и больше.

В днищах ложбин и балок образуется несколько форм ускоренной эрозии.

Вымоины – замкнутые ямы, или котлы, вымываемые в днищах ложбин, лощин, балок и в поймах рек временными паводковыми водотоками.

Донные промоины и овраги – формы, аналогичные соответствующим склоновым формам. Ниже принимается, что донная промоина переходит в донный овраг, когда она полностью разрушает днище лощины или балки и начинает захватывать их склоны.

Размоины – особая эрозионная форма, возникающая только на пашнях. Это крупные струйчатые размывы, которые не были своевременно выровнены; в поперечном сечении они похожи на малые ложбины. Обычная ширина размоин – 1–20 м, глубина – до 1 м.

Все формы, вырабатываемые ускоренной эрозией, в совокупности называются размывами. Между разными формами нет резких граней, они постепенно переходят одна в другую. То же относится к формам нормальной эрозии.

В зависимости от расположения на материнских формах размывы бывают донными, вершинными и склоновыми. Вершинные и склоновые размывы могут быть подбровочными и надбровочными. Если надбровочный размыв приближается в водоразделу, то это приводораздельный размыв. Пересекающие террасы размывы называются террасовыми, пересекающие уступы террас – надтеррасовыми. По степени активности эрозионного процесса размывы делятся на активные, полузакрепленные и закрепленные. Склоны крупных размывов (оврагов и промоин) могут быть обвальными, оползневыми, осыпными и закрепленными.

Осовы – поверхностные оползни, захватывающие только дерновину и почву.

Почвенные условия. Генетические типы почв являются достаточно установившимися и общепринятыми, во всяком случае в пределах точности, необходимой для проектирования сети защитных насаждений. Для выбора размеров сети особое значение имеют два свойства почв: их водопроницаемость и степень смытости. Ниже дается принятая классификация по количественным ступеням этих свойств.

Водопроницаемость почв зависит в основном от их механического состава и степени оструктуренности (агрегатного состава). Наилучшей структурой обладают тучные и обыкновенные черноземы. Почвы, развитые в более северных и более южных зонах, имеют по сравнению с ними худшую и менее устойчивую структуру. Все сочетания механического состава и генетического типа почв могут быть расположены в ряд по водопроницаемости. Такой ряд (классификация) приведен в табл.

Классы всех почв по водопроницаемости, обозначенные римскими цифрами, вписаны в клетки, расположенные на пересечениях граф, соответствующих генетическим типам, и строк, соответствующих разному механическом составу.

Классификаций почв по степени смытости существует несколько. Мы приняли (в несколько упрощенном виде) классификацию, предложенную Г.П. Сурмачем. Согласно этой классификации, почвы, потерявшие до 25% гумусового горизонта, считаются слабосмытыми, от 25 до 50 – среднесмытыми, от 50 до 75 – сильносмытыми и от 70 до 100% – весьма сильно смытыми.

Гумусовые горизонты в черноземах включают горизонты А + B_1, а в серых лесных и каштановых почвах – горизонт А. Процент смытости определяется путем сравнения мощности смытых почв с мощностью почв

Таблица 1

Классификация почв по водопроницаемости

Механический состав	Структура		
	хорошая	средняя	плохая
	черноземы тучные, обыкновенные, предкавказские, украинские, южные	черноземы выщелоченные, террасовые, солонцеватые, темно-серые лесные, темно-каштановые, луговые черноземовидные	подзолистые светло-серые и серые лесные, светло-каштановые, солонцы
Глинистые и тяжелосуглинистые	IV	II	I
Средне- и легкосуглинистые	V	III	II
Супесчаные		IV	III
Щебнистые		IV	III
Песчаные			IV
Слабо задернованные пески			V

на ближайших заведомо не смытых участках, а именно на целинных склонах примерно такой же крутизны или на распаханных плоских водоразделах. Со смытыми почвами не следует смешивать недоразвитые почвы на каменистых коренных породах и песках. Они могут быть столь же малоплодородны, как и смытые, но присутствие их на склоне не свидетельствует о развитии процессов эрозии.

ТИПЫ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Правильно классифицировать защитные лесные насаждения по их действию на вредные природные процессы и по положению в рельефе не менее важно, чем уметь распознавать и точно определять формы рельефа и типы почв, на которых эти насаждения размещаются. Приведем детализированную классификацию насаждений (табл. 2).

Поскольку водопоглощающие полосы одновременно выполняют функцию (для них второстепенную) защиты полей от ветра, а противоэрозионные в то же время являются водопоглощающими, то при переходе к каждому следующему типу полезащитных полос задачи предыдущего типа остаются, а кроме того, добавляются новые. Прибровочные полосы хотя и выполняют частично те же функции, что и полезащитные, но выделены в особую группу, так как они в основном защищают гидрографическую сеть, а не поля.

Полезащитные лесные полосы, образующие длинные стороны межполосных клеток, называются продольными, а образующие короткие стороны – поперечными.

Таблица 2

Классификация защитных лесных насаждений

Лесные полосы		Местоположение	Назначение
группа	тип		
1	2	3	4
Полезащитные	Ветроломные	Распаханные водоразделы и пологие склоны, не подверженные эрозии (при расположении полос вдоль склона)	Бороться с иссушающим действием суховеев; препятствовать сносу снега в овраги и балки и задерживать его на полях; препятствовать выдуванию почв
	Водопоглощающие	Распаханные пологие склоны, не подверженные эрозии или слабо смытые (при расположении полос поперек склона)	Поглощать талые и дождевые воды, питая ими прилегающие участки пашни; препятствовать концентрации стока в потоки, которые могут вызвать эрозию ниже по склону
	Противоэрозионные	Крутые эродированные (смытые и размытые), но еще пахотопригодные склоны	Поглощать талые и дождевые воды, тем самым прекращая эрозию; кольматировать твердый сток, способствовать восстановлению плодородия эродированных почв путем увлажнения и постепенного выравнивания мелких эрозионных форм
Прибровочные	Приложбинные	Участки пологих склонов, прилегающие к ложбинам	Поглощать талые и ливневые воды, не давая им концентрироваться в ложбинах; приостанавливать рост оврагов по ложбинам, лишая их питания; защищать от иссушения и завала снегом ложбинные илофильтры
	Прибалочные	Участки надбровочных склонов, прилегающие к бровкам балок (а также лощин и небольших речных долин)	Поглощать талые и ливневые воды, переводя их в грунтовый сток, увлажнять этим стоком склоны лощин, балок и долин, способствуя улучшению на них травяного или древесно-кустарникового покрова; препятствовать скоплению снега в балках; кольматировать твердый сток; защищать от эрозии нижние части надбровочных склонов, закрывая их снежными шлейфами

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4
	Приовражные	Участки пологих склонов, прилегающие к бровкам оврагов	Поглощать талые и ливневые воды, поступающие в овраги с боковых водосборов; способствовать зарастанию осыпных оврагов путем их увлажнения; препятствовать скоплению в оврагах снега
Массивные насаждения	Ложбинные (илофильтры)	Днища и склоны водоподводящих ложбин	Препятствовать размыву дна лощин и росту по ним оврагов; кольматировать наносы и защищать от заиления водоемы; замедлять стекание снеговых и дождевых вод по ложбинам и тем самым распластывать паводковую волну
	Лощинно-балочные	Подбровочные эродированные склоны и днища лощин и балок	Поглощать талые и ливневые воды, проникающие в лощины и балки с боковых водосборов и этим препятствовать их размыву; затенять и закреплять путем облесения подбровочных промоин и осовов; предотвращать заиление водоемов и занос речных пойм
	Долинные	Подбровочные эродированные склоны и поймы малых речных долин	Выполнять на склонах те же функции, что и лощинно-балочные насаждения; предохранять поймы от размыва во время половодий; предотвращать занос пойм песком; превращать в полезное угодье участки пойм, занесенные песком, изрезанные старицами и т. п.
	Овражные	Днища и склоны оврагов с осыпными, отчасти с оползневыми, склонами	Превращать в полезные угодья склоны оврагов после того, как сток на водосборе зарегулирован; кольматировать наносы и тем самым защищать от заиления нижележащие водоемы и речные поймы
	Междуовражные	Участки надбровочных склонов, прилегающие к бровкам балок, лощин и оврагов. Участки между ветвящимися вершинными надбровочными оврагами	Поглощать талые и ливневые воды и выполнять все функции прибровочных лесных полос в тех случаях, когда последние недостаточны; превращать в полезные лесные угодья участки, ставшие непахотопригодными вследствие эрозии

СУЩНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Для творческого подхода к проектированию сети насаждений проектировщику необходимо знать не только то, какое полезное действие оказывают те или иные насаждения, но и механизм их воздействия. Приведем его краткое объяснение.

Ветроломное действие. При суховеях запасы влаги в почве и растениях быстро истощаются вследствие того, что воздушные струи при ветре движутся не параллельно земной поверхности, а по волнистым или винтообразным кривым. Сухой и горячий воздух, подходя к подстилающей поверхности, отнимает у нее влагу и тотчас уносит ее в более высокие слои атмосферы, а на его место приходят новые массы ненасыщенного парами воздуха.

Встречая на своем пути продуваемую или ажурную лесную полосу, ветер как бы процеживается сквозь нее. При этом уменьшается не только его горизонтальная скорость, но и амплитуда воздушных волн. Это значит, что замедляется перемешивание слоев воздуха и приземные его слои, однажды насытившись парами, не уносятся тотчас вверх, но продолжают двигаться параллельно земной поверхности, уже в меньшей мере отнимая у нее влагу. Плотные полосы не производят такого действия. Ветер не процеживается, а переваливает через них, причем позади лесных полос образуется завихрение. Поэтому плотные полосы создают лишь короткую зону затишья, а на некотором расстоянии от них скорость ветра и перемешивание слоев восстанавливаются и даже усиливаются.

При значительных скоростях и сильном перемешивании воздушных масс ветер может переносить на большие расстояния твердые частицы –снег, пыль и др. При уменьшении скорости и интенсивности перемешивания взвешенные частицы выпадают на землю. На этом основано снегозадерживающее действие лесных полос. Позади продуваемых лесных полос снег отлагается тонким и длинным шлейфом, а позади плотных – коротким и высоким сугробом. Первая форма накопления снега выгодна для увлажнéния межполосных полей, вторая – для защиты дорог от заносов (когда нужно задержать снег в узкой полосе отчуждения), а также для защиты от снеголома молодых насаждений на склонах балок.

Задержание снега лесными полосами не только увеличивает количество талых вод, но и помогает их продуктивному использованию: почва, покрытая толстым слоем снега, менее промерзает, сохраняет к весне большую водопроницаемость и впитывает больше талых вод. Одновременно обеспечивается защита озимых посевов от вымерзания.

Полной равномерности распределения снега нельзя достигнуть даже при продуваемых лесных полосах. Поэтому, хотя в результате их воздействия ветер и ослабевает, на межполосных клетках следует проводить мероприятия по снегозадержанию.

Лесные полосы борются с пыльными бурями двояким путем. Во-первых, способствуя накоплению снега, они увеличивают влажность почвы и, следовательно, ее сопротивляемость развеванию. Во-вторых, поскольку они ослабляют ветер, то он уже не может взмучивать и переносить частицы почвы. Поэтому местности, защищенные лесными полосами, не могут стать очага-

ми выдувания почв. Если пыльная буря возникает на незащищенном пространстве и надвигается на лесные полосы, они перехватывают и осаждают комочки почвы и крупные частицы, которые перекатываются ветром или переносятся в приземном слое воздуха. Этим они защищают посевы на межполосных клетках от засекания и засыпания. Но они, конечно, не могут остановить движение мелкой пыли, которая переносится на большой высоте. Однако перенос и выпадение такой пыли редко создают угрозу урожаю.

Дальность действия ветроломных полос ограниченна. На некотором расстоянии от лесных полос первоначальная скорость ветра и интенсивность перемешивания воздуха восстанавливаются. Поэтому весьма важно выдерживать правильное расстояние между лесными полосами: не слишком малое, чтобы не мешать без надобности работе сельскохозяйственных машин, но и не слишком большое, чтобы защитное действие лесных полос распространялось на всю межполосную клетку. Работу сети лесных полос можно считать удовлетворительной, если наибольшая скорость ветра, наблюдаемая в наиболее удаленных от лесных полос точках межполосных клеток, равна 90% его скорости на открытых пространствах.

Дальность ветроломного действия лесных полос тем больше, чем они выше. Расчет, разумеется, надо вести на предельный рост деревьев, достигаемый ими в период спелости. Пока лесные полосы низки, их защитное действие является неполным. Предельная высота деревьев зависит от лесорастительных условий: чем последние лучше, тем она больше. Поэтому предельная высота в общем уменьшается от зоны обеспеченного увлажнения к засушливым зонам.

Наиболее сильное влияние лесные полосы оказывают на ветры, дующие приблизительно под прямым углом к ним. Однако отклонение ветра от этого направления до 30° не сопровождается существенным ослаблением воздействия на него даже одиночной лесной полосы. Если сеть достаточно густа и клетки не слишком вытянуты, а деревья высоки (более 15 м), направление ветра вообще не играет существенной роли.

Ветроломные полосы, создаваемые по берегам прудов, уменьшают испарение с водной поверхности, предохраняют водоем от заноса пылью и сорняками (перекати-поле) и защищают берега от волнобоя.

Водопоглощающее действие. Суммарное количество осадков, выпадающее за год в лесостепи и степи, как правило, достаточно для получения хорошего урожая сельскохозяйственных культур. Случающиеся недороды большей частью происходят не из-за недостатка осадков, а из-за того, что преобладающая доля их важнейшей части – зимних осадков – полями не усваивается: талые воды, не напитав их, поступают в гидрографическую сеть. Бесполезно пропадают и ливневые осадки, которые почва не успевает впитывать. Лучшим средством сохранения влаги зимних и ливневых осадков является водозадержание на полях. Та часть стока, которая не впитывается непосредственно в пашню, должна перехватываться водопоглощающими лесными полосами.

Водопроницаемость лесных почв при прочих равных условиях всегда выше, чем полевых; глубокие и разветвленные корневые системы деревьев и кустарников улучшают структуру почвы и создают множество крупных каналов, по которым вода может проникать в грунт. Однако по мере продолжения ливня сток в лесную полосу с лежащего выше поля нарастает.

Может наступить момент, когда даже лесные почвы не смогут его впитывать. Тогда в действие вступает лесная подстилка. Обладая высокой влагоемкостью, она может задерживать воду в большом количестве, а затем после прекращения или ослабления ливня постепенно передавать ее почве.

Особенно велика водопоглощающая роль лесных полос весной. Хотя в результате их воздействия, а также других приемов снегозадержания мощность снежного покрова на полях увеличивается, при неблагоприятном ходе погоды почва на них может настолько промерзнуть, что весной она совсем не будет впитывать талые воды. В лесных же полосах, если они правильно сконструированы и добросовестно выращены, под защитой подстилки и повышенной мощности снежного покрова почва промерзает неглубокс. Благодаря структурности она, кроме того, даже в промерзшем состоянии сохраняет значительную водопроницаемость. В годы с сильным промерзанием почвы лесные полосы являются единственным препятствием на пути стока, единственным местом, где он может быть поглощен прежде, чем стечь в овраги и балки.

Кроме почвенного стока,увлажнению лежащего ниже лесной полосы поля способствует накопление снежного шлейфа у ее нижней опушки. Благодаря большей мощности, а нередко и благодаря затемнению деревьями шлейф стаивает позже, чем снег на остальной части поля. Талые воды с него попадают на уже оттаявшую почву и впитываются.

Лесные полосы, выполняющие одновременно и ветроломные, и водопоглощающие функции, должны иметь для обеспечения накопления снега и листового опада плотную конструкцию в самом нижнем ярусе, а для обеспечения ветроломного действия на большом расстоянии – продуваемую конструкцию в среднем ярусе и ажурную – в верхнем. Одновременное выполнение этих двух задач может быть достигнуто введением в полосу низких кустарников или периодической посадкой на пень более высоких кустарников с тем, чтобы высота их держалась в пределах 0,5–1 м.

Для обеспечения поглощения всего стока с межполосных полей или заданной его части водопоглощающие полосы, кроме правильной конструкции, должны обладать достаточной шириной и располагаться на определенном расстоянии друг от друга или от водораздела. Ширина лесных полос и расстояние между ними выбираются в зависимости от многих природных факторов, из которых важнейшими являются длительность и интенсивность наиболее сильных ливней, выпадающих в данной местности, наибольшая интенсивность водоотдачи из снега, водопроницаемость полевых почв и почв лесной полосы, крутизна склона.

Противоэрозионное действие. Лесные полосы и массивные насаждения, предназначенные для борьбы с эрозией, размещаются на склонах такой крутизны или такой длины, при которых сток не только приводит к потере влаги, но и приобретает размывающую скорость и вызывает эрозию. Лесные полосы противодействуют эрозии путем поглощения стока.

Чтобы оценить важность борьбы с эрозией, следует помнить, что засухи и суховеи снижают урожай только в данный засушливый год. На следующий год вновь может быть получен очень хороший урожай. Потери же урожая, обусловливаемые эрозией, невозвратимы. Смытая почва теряется навсегда, и наносимый смывом ущерб повторяется ежегодно, притом он с каждым годом все более возрастает. Восстановить плодородие смытых

почв можно лишь очень не скоро и ценой больших затрат. Пашня же, пораженная промоинами или оврагами, навсегда переходит в разряд непахотопригодных земель.

Задача противоэрозионных лесных полос – приостановить дальнейший смыв и размыв почв. Если процесс остановлен, можно приступать к постепенному восстановлению смытых почв и даже почв, пораженных начальными стадиями размыва (струйчатыми размывами и размоинами).

Противоэрозионные лесные полосы не могут выполнять свои функции без преобразования микрорельефа на межполосных клетках, в самих лесных полосах, и в первую очередь на их верхних опушках. Преобразование микрорельефа должно заключаться в рассеивании стока и устранении с опушек всех преград (напашей, отпашных борозд, дорог, канав и т. п.), препятствующих свободному и равномерному поступлению стока в лесную полосу. Если сток поступает в нее лишь в немногих точках – по ложбинам и размоинам, он неизбежно прорвется через нее, как бы широка она ни была. Если сток рассредоточен и опушка благоустроена, поглощать сток может даже лесная полоса, располагающаяся под значительным углом к горизонтали.

Водозадерживающее действие лесной полосы можно увеличить, создавая в ней или вдоль ее опушки в помощь лесной подстилке искусственные углубления, задерживающие воду во время пиковой нагрузки и постепенно отдающие ее почве.

Действие прибровочных лесных полос и массивных насаждений. Главные функции насаждений этих типов в основном сводятся к вариантам водопоглощения и снегозадержания, механизм которых уже описан выше.

Прибровочные лесные полосы, расположенные на склонах ниже полей, хотя и являются водопоглощающими, в отличие от полезащитных не могут передавать поглощенную влагу посевам. Сток, перехваченный ими в последней части его пути, тем не менее производит полезное действие: просачиваясь к лежащим поблизости подбровочным склонам, он улучшает условия развития на них травяного покрова и тем самым способствует закреплению подбровочных размывов. Прибровочные полосы задерживают бóльшую часть снега, скопившегося выше бровок, который при отсутствии лесных полос скапливался бы в оврагах и балках. Переводя таким образом талые воды в грунтовой сток, они способствуют уменьшению весенних половодий и увеличению меженных расходов рек. Кроме того, прибровочные полосы в определенной мере защищают приводораздельные пространства от ветра. Образующийся возле этих полос снежный шлейф стаивает позже, чем снег на лежащем выше склоне, и защищает присетевую часть склона от размыва. Однако полезащитные свойства прибровочных полос не следует переоценивать – зона влияния их весьма узка, поскольку они расположены ниже всех других частей водораздельных пространств.

Из всех типов прибровочных лесных полос наибольшую пользу приносят прибалочные. Приовражные полосы не всегда полезны и создавать их вдоль оврагов следует далеко не во всех случаях. Бóльшая часть склоновых оврагов не имеет боковых водосборов. В этом случае приовражные полосы не могут способствовать сокращению стока по оврагу. Узкие приовражные полосы могут даже вызвать усиление старых размывов или образование но-

вых, так как они способствуют скоплению снега в самих оврагах или вдоль своих внешних опушек, но не могут поглотить его, поскольку они (в соответствии с направлением оврагов) вытянуты вдоль линий наибольшего уклона. Приопушечные сугробы располагаются вдоль линий стока и весной на крутых участках склона образуют мощные сосредоточенные потоки талых вод. Только на пологих склонах, где опасность размыва невелика, приовражные лесные полосы могут принести пользу. Впитавшаяся в почву часть задержанных ими талых вод высачивается на склонах оврага, и, если последние уже перестали обваливаться, благоприятствует зарастанию их травой.

Лесные полосы вдоль оврагов с оползневыми склонами выполняют особые функции. Они должны создаваться из пород, испаряющих много воды (тополя, ивы), и размещаться на значительном удалении от бровки. В этом случае они перехватывают снег, который, весной растаяв, питает оползень грунтовыми водами, и сами испаряют значительную часть этих вод. Удалять лесную полосу от бровки нужно для того, чтобы часть воды, проникшая в грунт, на пути к оврагу рассеялась и впиталась ниже тела оползня. Деревья, посаженные на самом оползне, также могут способствовать его осушению и закреплению, если они посажены редко и без кустарников. Удерживать оползень, механически скрепляя его корнями, они не могут. Такое действие деревья оказывают только на осовы.

Массовые насаждения на размытых балочных и надбровочных склонах способствуют поглощению стока, прорвавшегося через бровку и угрожающего вызвать образование подбровочных и донных размывов.

Насаждения в поймах долин и на днищах балок защищают расположенные на них сельскохозяйственные угодья от заноса песком и илом. Кустарниковые насаждения в лощинах (илофильтры) защищают преимущественно лежащие ниже поймы и пруды. Действие их основано на увеличении шероховатости днища и склонов ложбины во время паводка.

Насаждения на склонах оврагов способствуют превращению их в полезные угодья после того, как паводковый сток в них сведен к минимуму и линейный размыв прекратился.

Насаждения в оврагах не являются самостоятельной мерой их закрепления, так как, подобно приовражным лесным полосам, они не могут противостоять подмыву снизу, который продолжается до тех пор, пока по оврагу проходят сильные паводки. Важным средством прекращения роста оврагов является задержание стока на водосборе путем проведения комплекса агротехнических, лесомелиоративных и простейших гидротехнических мероприятий. Однако и после этого использовать под посадки можно только осыпные склоны оврагов. Если желательно ускорить использование обвальных склонов, их необходимо сполаживать искусственно.

ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ СЕТИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Как указывалось выше, бóльшая часть лесных полос одновременно выполняет различные функции, поэтому определять их размеры приходится из расчета как на ветроломное, так и на водопоглощающее действие. При расчете расстояний между лесными полосами следует учитывать и их противоэрозионную функцию.

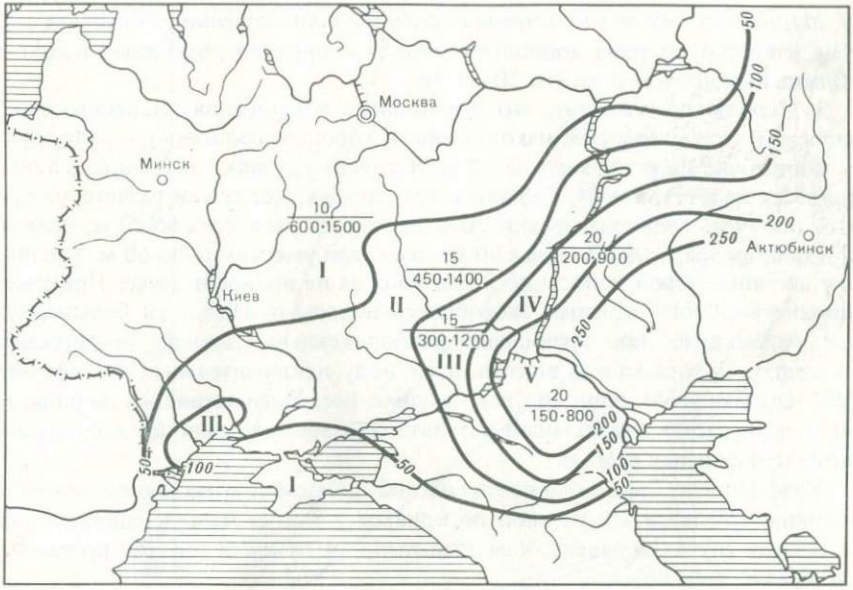


Рис. 1. Районирование по суммам среднедекадных дефицитов влажности за вегетационный период, мм.

Римские цифры – порядковые номера типов климата, выделенных по указанному признаку. Арабские цифры между изолиниями: в числителе – ширина лесных полос, м; в знаменателе – оптимальные размеры межполосных клеток, рекомендуемые для данного типа климата, м (ширина и длина)

Ширина ветроломных лесных полос. Исследования показали, что наилучшее ветроломное действие оказывают лесные полосы шириной от 8 до 25 м.

1. В засушливых местностях, где лесным полосам трудно бороться со степными травами, они должны проектироваться более широкими, чем в местностях с обеспеченным увлажнением. По этому принципу построена карта (рис. 1). Для определения ширины лесных полос надо найти на ней местность, для которой ведется проектироване, и определить, к какому типу климата по степени подверженности суховеям она относится. Эти типы местности на карте пронумерованы римскими цифрами от I (наименее суховейные) до V (наиболее суховейные). В пределах каждого типа на карте проставлена дробь, числитель которой и показывает рекомендуемую ширину лесной полосы в метрах.

2. При наличии местных особенностей, создающих отклонения от типичных условий данной зоны, в цифру, полученную способом, указанным в п. 1, следует вносить поправку. Так, например, при высоком уровне грунтовых вод, доступных для корней деревьев и заметно улучшающих лесорастительные условия, ширину лесных полос можно уменьшать, но не более чем до 10 м. В местностях, особо подверженных пыльным бурям, таких, как, например, некоторые районы Башкирской АССР или так называемые Армавирские Ворота на Северном Кавказе, ширину лесных полос целесообразно увеличивать, но не более чем до 20 м.

Ширина лесных полос, имеющих функцией поглощение ливневого стока. Как известно, ширина водопоглощающих и противоэрозионных полос не должна выходить за пределы 20–60 м.

3. Расчеты показывают, что для полного поглощения ливневого стока взрослой лесной полосой, находящейся в хорошем состоянии, в ряде случаев достаточно ширины меньше 20 м. В других случаях даже ширина в 60 м является недостаточной[2]. Однако в тех случаях, когда при расчете по кривым получена величина меньше 20 м, ее следует увеличить до 20 м; если же получена цифра, превышающая 60 м, то ее надо уменьшить до 60 м. Увеличение ширины лесной полосы до 20 м никогда не приносит вреда. При такой ширине водопоглощающая способность полосы оказывается больше, чем это необходимо для поглощения наиболее сильных ливней, выпадающих ежегодно. Полоса может впитать даже воду исключительных по силе ливней, случающихся один раз в несколько лет. Уменьшение же ширины до 60 м, если расчет дал большой результат, неизбежно приводит к прорывам стока при сильных дождях.

Коэффициент эффективности лесной полосы – отношение принятой ширины (60 м) к полученной по кривым – всегда меньше единицы (или в лучшем случае ей равен). Чем он меньше, тем чаще будет сток прорываться через лесную полосу.

В тех случаях, когда для соблюдения ширины лесной полосы в пределах 20–60 м приходится принимать коэффициент эффективности меньше единицы, надо стремиться уменьшить опасность прорыва стока с помощью агротехнических мероприятий, устройства прерывистых канав в самой лесной полосе и в крайнем случае путем сооружения водоотводных валов.

4. При выборе ширины водопоглощающей лесной полосы из расчета на ливневый сток особенно важно учитывать следующие местные особенности: 1) интенсивность и продолжительность ливней (учитываемые совместно), 2) водопроницаемость почвы и 3) средний уклон межполосного пространства.

Интенсивность (и продолжительность) ливней определенной повторяемости, характерная для обширных районов, может быть получена расчетным путем по формуле, предложенной Г.А. Алексеевым (1948), и по дополняющей эту формулу карте, составленной М.А. Великановым (1948). По этому расчету юг Европейской территории СССР (ЕТС) можно разделить на зоны слабой, средней и сильной интенсивности ливней годичной обеспеченности. При этом слабая их интенсивность оказывается характерной для северо-западных и юго-восточных районов ЕТС, а сильная – для Предкавказья, севера Молдавии и юга Украины, за исключением Северного Крыма. Для остальной части ЕТС типична средняя интенсивность ливней.

Водопроницаемость почвы определяется по приведенной выше табл. 1 и характеризуется, как было показано, классом, обозначаемым римской цифрой от I (наименьшая водопроницаемость) до V (наибольшая). Для определения водопроницаемости надо знать генетический тип и механический состав почвы. Проектировщик может это выяснить по крупномасштабной почвенной карте землепользования или по материалам обследования местности, предшествовавшего проектированию сети насаждений.

[2] Расчеты выполнены для лесных полос при расположении их строго поперек склона и для наиболее сильных ливней из случающихся ежегодно.

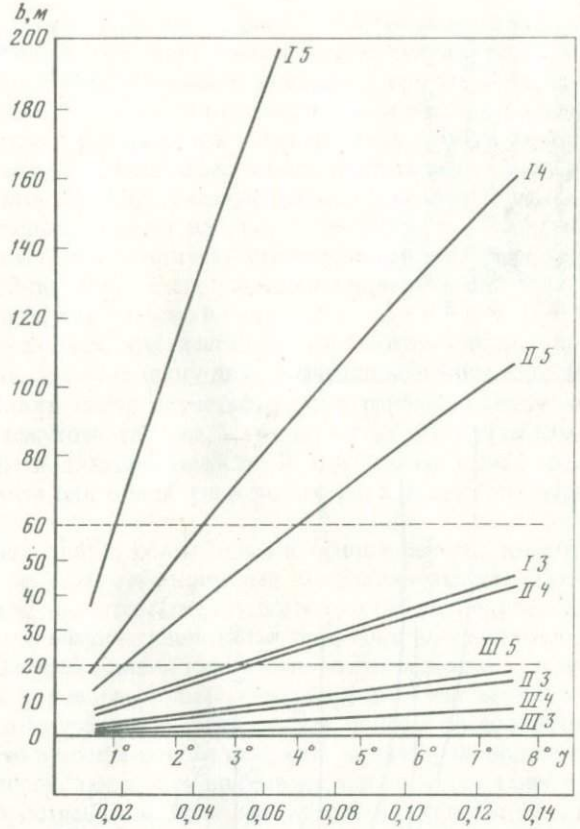


Рис. 2. Зависимость ширины лесных полос от крутизны склона при разных сочетаниях водопроницаемости почв (группы *I–III*) и интенсивности ливней (**А, группы** 3–5). Пунктирные линии соответствуют верхней и нижней границам принятых значений

Средний уклон определяется по расстоянию между горизонталями на топографическом плане, а если его нет, то путем измерения на местности любым из известных в топографии способов. Вычисление среднего уклона имеет смысл лишь в этом случае, если уклоны в пределах выделенного однородного участка не слишком различны (не выходят за пределы 1,5–2°). Если различия по простиранию склона более значительны, это показывает, что операция 2 (см. "Порядок проектирования") проведена неправильно: части выделенного участка неоднородны, их надо разделить и вести расчет для каждой из них отдельно. Изменение крутизны вдоль склона не требует дальнейшего дробления участка, так как проектируемые лесные полосы сами его разделяют на более однородные части. Значительное увеличение уклонов вдоль линий стока при предлагаемой системе расчета автоматически приближает очередную лесную полосу к расположенной выше.

5. Когда все три главные характеристики ливневого стока (интенсивность, продолжительность, повторяемость) определены, ширина лесной

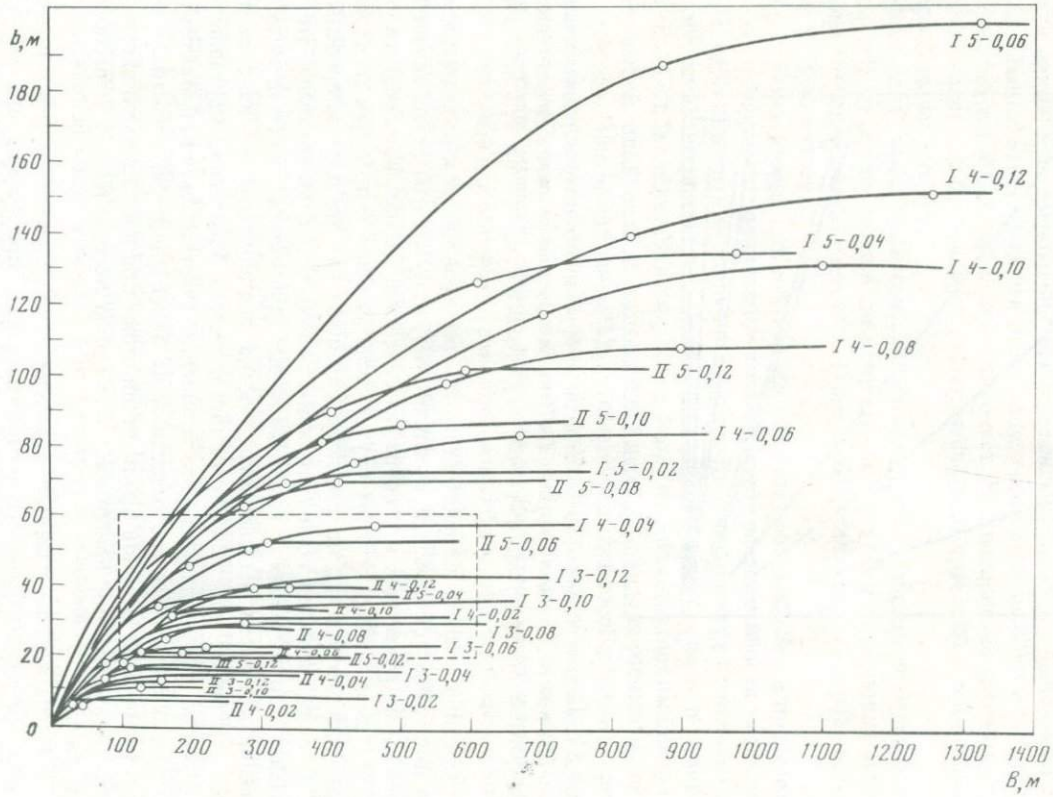


Рис. 3. Зависимость ширины лесной полосы от ширины межполосного пространства из расчета на ливневый сток при различной крутизне склона

Прямоугольник, ограниченный пунктирной линией, соответствует области разрешенных значений B и $в$, включая район мелкоконтурной пашни

полосы находится на графике (рис. 2). На нем каждая кривая соответствует определенному сочетанию типа климата (величина A) и почвы (класс водопроницаемости). Сочетания указаны у правых концов кривых. Уклоны (в градусах и тангенсах) отложены по оси абсцисс. От заданного среднего уклона надо восстановить перпендикуляр до пересечения с нужной кривой, а затем от точки пересечения опустить перпендикуляр на ось ординат и прочитать на ней полученную ширину лесной полосы.

Горизонтальная полоса на рис. 2, заключенная между двумя пунктирными линиями, соответствует установленному интервалу ширины лесных полос (от 20 до 60 м). Если найденная ширина не ложится в этот интервал, надо поступать, как указано в п. 3.

Может оказаться, что местность, для которой ведется проектирование, попадает как раз на границу двух значений величины A (или очень близко от нее). Может также случиться, что в районе проектирования развиты почвы промежуточного типа, которые могут быть отнесены к двум соседним классам водопроницаемости. В этом случае надо определить ширину лесной полосы для обоих (или всех четырех) соседних вариантов и взять среднее.

6. Сильные ливни, положенные в основу расчета, имеют, как правило, небольшую измеряемую минутами продолжительность. Такой же порядок величин имеет и длительность остаточного стока, т.е. стока, продолжающегося после окончания ливня до тех пор, пока не впитаются остатки выпавшей воды.За время ливня и остаточного стока дождевая вода успевает пробежать некоторое расстояние, тем большее, чем менее водопроницаема почва и чем круче уклон. Если лесные полосы расположены далеко одна от другой, то верхняя полоса никак не влияет на водопоглощение стока нижней полосой, так как он впитывается в почву, не успев пройти все межполосное пространство. Если же полосы достаточно сближены, верхняя перехватывает часть стока, который при ее отсутствии добежал бы до нижней. Таким образом, она облегчает работу нижней полосы и позволяет сделать ее более узкой, что всегда желательно с точки зрения необходимости уменьшения расхода пахотопригодной площади, отводимой под лесонасаждения.

Ширина лесных полос, определяемая по способу, указанному в п. 5, соответствует тому случаю, когда воздействие верхней полосы на нижнюю отсутствует. Для дополнительного учета этого воздействия в тех случаях, когда на него можно рассчитывать, построен график (рис. 3). На этом графике каждая кривая соответствует сочетанию указанных выше трех факторов. Например, кривая, у правого конца которой написано *I* 3–0,12, соответствует местности, почвы которой относятся к I классу по водопроницаемости, сила ливней характеризуется величиной $A = 3$, а средний уклон (в тангенсах) – 0,12; кривые построены для уклонов от 0,02 до 0,12 с интервалами через 0,02. Для всех сочетаний, заведомо позволяющих создавать водопоглощающие лесные полосы шириной меньше 20 м, в частности для почв IV и V классов по водопроницаемости, кривые не построены. По оси абсцисс отложены межполосные расстояния B, которые предполагаются заданными[3], по оси ординат – искомые значения ширины лесных полос b.

[3] Как определяется расстояние между лесными полосами, будет указано ниже.

Чтобы определить ширину лесной полосы по графику (см. рис. 3), следует найти на нем такую кривую, для которой все три условия наиболее близки к условиям проекта. Затем на оси абсцисс находится точка, соответствующая принятому расстоянию между лесными полосами, и из нее восстанавливается перпендикуляр до пересечения с выбранной кривой. Из точки пересечения с этой кривой надо опустить перпендикуляр на ось ординат и прочитать на ней найденную ширину лесной полосы.

На рис. 3 пунктирной линией выделена область допустимых значений величин b и B. Она ограничена не только сверху (b = 60 м) и снизу (b = 20 м), как на рис. 2, но также справа (B = 600 м) и слева (B = 100). Последнее объясняется тем, что ширина межполосных клеток не может быть более 600 м, так как при превышении этой величины они не обеспечивают ветроломного воздействия лесной полосы (см. ниже); их ширина не может быть меньше 100 м, даже для кормовых почвозащитных севооборотов (а для полевых – меньше 200 м), так как в этом случае механизированная обработка поля становится слишком затруднительной.

Во всех случаях, когда перпендикуляр, восстановленный к оси абсцисс, попадает на горизонтальный участок выбранной кривой, результат получается тот же, что и при определении ширины лесной полосы по рис. 2. Это значит, что в данном случае лесные полосы не настолько сближены, чтобы влиять друг на друга, и уменьшать ширину нижней из них нет оснований. Если одно из трех природных условий, выделяемых на графике, попадает на середину между теми его значениями, для которых вычерчены кривые, надо сделать два измерения и взять среднее.

7. При проектировании водопоглощающих полос необходимо стремиться располагать их вдоль горизонталей. Однако горизонтали, как правило, имеют форму кривых, непараллельных друг другу, а также водоразделам и бровкам гидрографической сети. Длинные же стороны полей (за исключением участков ленточного земледелия) должны быть прямыми. Поэтому на практике сплошь и рядом приходится располагать лесные полосы и их участки под некоторым углом к горизонталям.

Если участок лесной полосы, непараллельный горизонталям, значителен (более 200–300 м) и угол отклонения велик (более 10–15°), в расчет ширины полосы следует внести поправку.

Когда опушка лесной полосы запущена и вдоль нее тянутся дороги, борозды, напаши и т.п., то при малейшем отклонении полосы от горизонтали сток поворачивает вдоль опушки и лесная полоса теряет всякое водопоглощающее значение. Но при благоустроенной опушке сток проникает в лесную полосу даже там, где она протягивается под значительным углом к горизонталям. В этом случае сток пересекает ее наискось, т.е. проходит по пути более длинному, чем ширина лесной полосы b. Это обстоятельство можно учесть при расчете и сделать полосу более узкой.

Если на рис. 4 угол между лесной полосой и горизонталью обозначить через γ, то ширина лесной полосы $b = b_э \cos\gamma$, где $b_э$ (путь стока в лесной полосе) как раз та величина, которая находится способами, указанными в пунктах 5 и 6. Так, если, согласно п. 6, найдена ширина горизонтальной полосы $b_э$ = 40 м, а ее пришлось запроектировать под углом к горизонтали $\gamma = 30°$, то мы можем принять $b = b_э \cos 30° = 40 \cdot 0{,}87 = 35$ м.

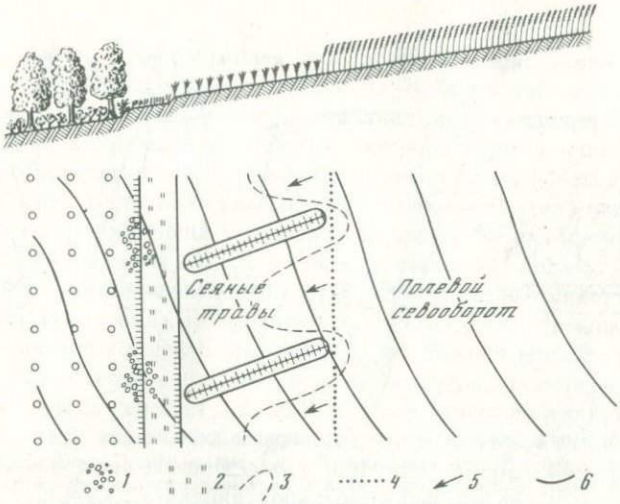


Рис. 4. Благоустроенная верхняя опушка водопоглощающей лесной полосы
1 – куртины кустарников; *2* – полоса дерна; *3* – граница снежного шлейфа; *4* – то же, рамки сеяных трав; *5* – направление стока; *6* – горизонтали

Не следует думать, что при уменьшении ширины лесной полосы за счет непараллельности к горизонтали получается выигрыш в площади облесения. Площадь останется такой же, как при лесной полосе, идущей вдоль горизонтали, так как длина наклонной полосы ($Л$) во столько же раз больше длины горизонтальной ($Л_э$), во сколько ширина ее (b) меньше ширины горизонтальной ($b_э$). Но, если поправку не ввести, площадь облесения будет без надобности завышена.

8. На тех участках, где лесная полоса на значительном пространстве проходит по хорошо выраженному рассеивающему или собирающему сток водосбору, в расчет ее ширины следует внести поправку на расхождение или схождение линий стока или, что то же самое, на кривизну горизонталей. Если этого не сделать, ширина лесной полосы на рассеивающем водосборе окажется без надобности завышенной и часть площади будет напрасно отнята у пашни; ширина лесной полосы на собирающем водосборе окажется, наоборот, заниженной, и сток через нее будет постоянно прорываться.

Расчет на расхождение или схождение линий стока ведется так, как если бы лесная полоса, идущая вдоль дугообразной горизонтали, имела форму дуги окружности. На практике такую форму можно придавать лесным полосам лишь на участках ленточного земледения. Однако погрешность будет допустимой, если мы произведем расчет на дугообразную лесную полосу, а потом запроектируем ее в виде ломаной линии.

На рис. 5 изображены лесные полосы на водосборах разной формы. Расчет для нейтрального водосбора уже известен. Ширину лесных полос для собирающего водосбора ($b_с$) следует рассчитывать по формуле

$$b_с = b\,\frac{R+r}{2R}\ .$$

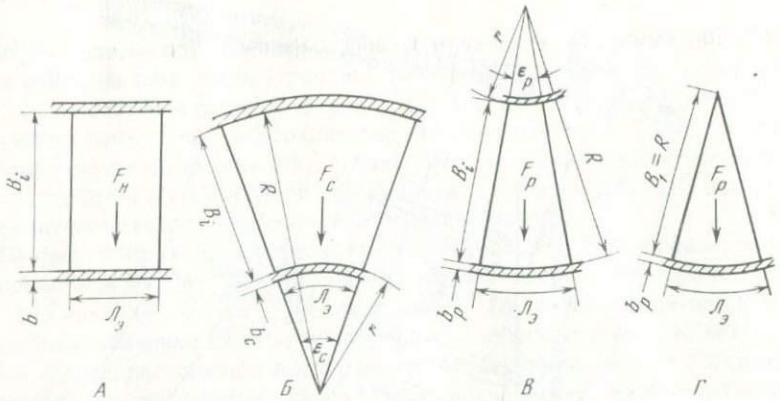


Рис. 5. Учет формы водосбора при расчете ширины лесных полос

А – нейтральный; *Б* – собирающий; *В* – рассеивающий; *Г* – участок рассеивающего водосбора между водоразделом и первой водопоглощающей лесной полосой. Стрелки в середине поля показывают направление уклона. Пояснения см. в тексте

Значение размеров R и r видно из чертежа (см. рис. 5, *В*). Ширину лесных полос для рассеивающего водосбора ($b_р$) следует рассчитывать по формуле

$$b_р = b\,\frac{R+r}{2R}\,.$$

Значение размеров R и r в этом случае также видно из рис. 5, *В*.

Первая от вершины рассеивающего водосбора лесная полоса рассчитывается по упрощенной формуле $b_р = \frac{b}{2}$, т.е. просто делается вдвое более узкой, чем полоса на нейтральном водосборе при той же длине линий стока.

Размеры R и r берутся с эскизного проекта размещения лесных полос, который может быть составлен после расчета ширины межполосных расстояний. Конечно, правильных дугообразных горизонталей, так же как и прямых, в природе не бывает, и для расчета они должны быть схематизированы, т.е. приведены к ближайшим правильным дугам.

Ширина лесных полос, имеющих функцией поглощение стока талых вод. При расчете ширины таких лесных полос также возможны случаи, когда полученная ширина не достигает 20 м или больше 60 м. Тогда следует поступать так же, как при расчете полос, предназначенных поглощать ливневый сток.

9. Для расчета ширины лесных полос, поглощающих сток талых вод, надо учитывать другие природные условия, чем при расчете полос, поглощающих ливневые воды. В этом случае необходимо учитывать наибольшую интенсивность водоотдачи из снега во время снеготаяния. Эта величина отражает одну из географических особенностей местности, и различные значения ее остаются приблизительно постоянными на больших пространствах. Распределение этих значений, измеряемых в миллиметрах стаивающего в минуту снега и сгруппированных по трем ступеням, показано на рис. 6*.

* На карте показана средняя интенсивность снеготаяния. В половине весен она бывает больше, в половине – меньше показанной.

Водопроницаемость почв сохраняет свое значение и при расчете на поглощение талых вод. Однако расчет ведется на наиболее неблагоприятный случай, когда в результате большого количества осенних осадков и наступления морозов до установления снежного покрова почва на полях оказывается слитно промерзшей и совсем не поглощает влагу. Почва в лесных полосах делится на те же пять классов, как и при расчете на поглощение ливневых вод, но водопроницаемость вследствие частичного промерзания принимается, основываясь на опытных данных, равной 60% летней.

Средний уклон межполосной клетки при снеготаянии не влияет на дальность добегания талых вод. Это объясняется тем, что непрерывная водоотдача из снега длится в течение нескольких часов, а при теплой и пасмурной погоде – даже в течение нескольких суток. Расчеты показывают, что за это время сток всегда успевает добежать от водораздела до первой лесной полосы или от одной полосы до следующей, расположенной ниже. Таким образом, питающий лесную полосу водосбор всегда ограничен. Поэтому, хотя на крутых склонах стекание происходит быстрее, чем на пологих, общий объем стока и поступление его в единицу времени на опушку лесной полосы не зависят от скорости стекания и, следовательно, от уклона.

Зато крутизна склона влияет на выбор ширины лесной полосы через его экспозицию. Чем круче уклон, тем больше разница в интенсивности снеготаяния между солнечными и теневыми склонами. Ею можно пренебрегать при уклонах примерно до 2°, но при больших следует учитывать.

10. Рассмотрим сперва способ определения ширины лесных полос из расчета на сток талых вод на пологих склонах, при которых экспозицию можно не учитывать.

На карте (см. рис. 6) для местности, на которую ведется проектирование, определяется тип климата, характеризуемый интенсивностью снеготаяния. Типы климата сгруппированы на этой карте в три ступени со средним значением интенсивности в 0,015; 0,035 или 0,065 мм/мин. Затем определяется класс почв по водопроницаемости. На рис. 7 выбирается прямая, соответствующая данному сочетанию типов климата и классов почв. Затем на оси абсцисс находится определенное заранее расстояние между лесными полосами (или, если рассчитывается верхняя лесная полоса, расстояние от нее до водораздела) и обычным способом двух перпендикуляров определяется ширина лесной полосы (B). В случае попадания на границу двух типов климата или классов почв определяется среднее, а в случае получения неразрешенного значения принимается ближайшее разрешенное.

11. Поправка на экспозицию должна вноситься для склонов круче 2°, однако только северных и южных, а также приближающихся к ним промежуточных. Западные и восточные склоны по суммарной освещенности за день не отличаются от горизонтальных площадей.

Поправки к ширине лесных полос, установленной для горизонтальных участков согласно п. 10, приведены в табл. 3. Величина поправки зависит от крутизны склона и географической широты местности. Поправку к основному размеру для южных склонов надо добавлять (так как таяние на них протекает в более короткий срок и лесным полосам труднее поглотить сток), для северных – вычитать.

12. Для всех лесных полос, созданных для одновременного выполнения нескольких задач, сравнивается ширина, полученная из расчетов на ветро-

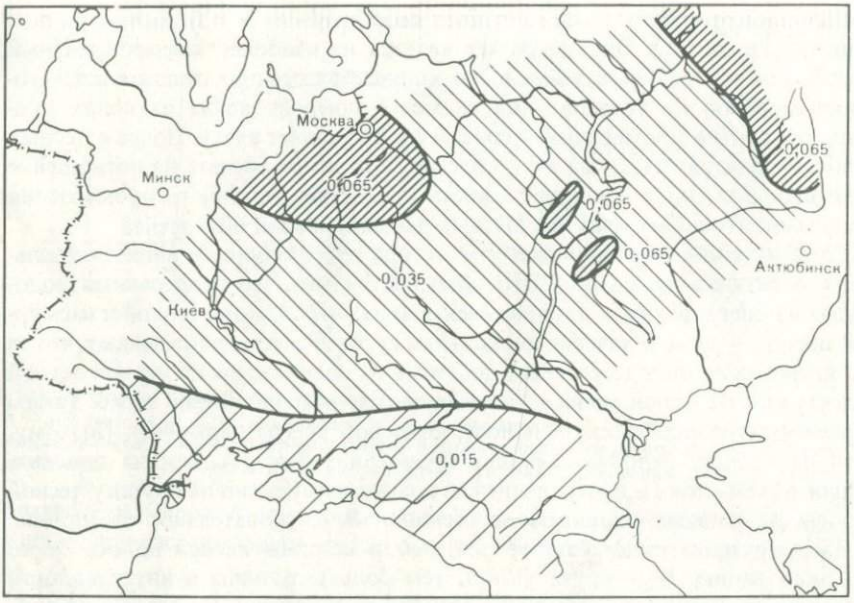


Рис. 6. Районирование по интенсивности среднегодовых максимумов водоотдачи из снега

Цифры на карте – интенсивность водоотдачи, мм/мин

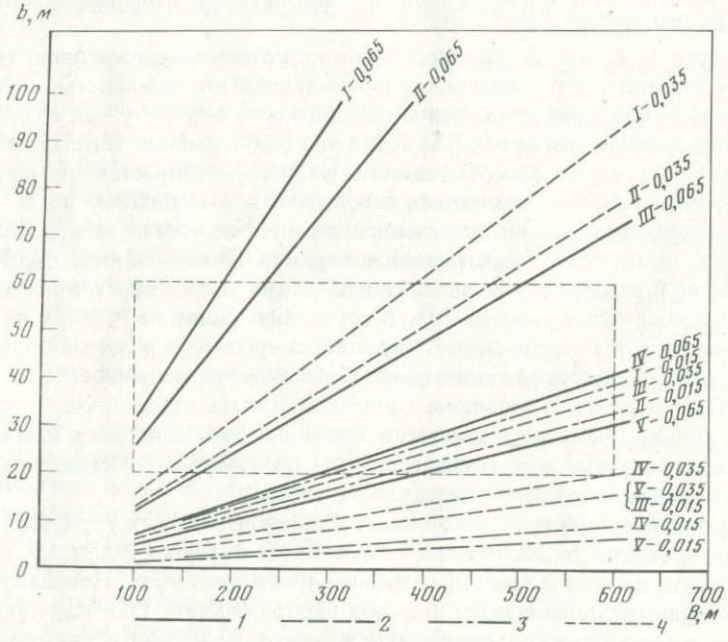


Рис. 7. Ширина лесной полосы в функции ширины максимальной клетки при расчете на сток талых вод без учета водопоглощения в снежных шлейфах

1 – для типа климата $S = 0{,}065$; *2* – то же, $S = 0{,}035$; *3* – то же, $S = 0{,}015$; *4* – граница разрешенных значений. *I–V* – типы почв; цифры у кривых – интенсивность водоотдачи, мм/мин

Таблица 3

Поправка на экспозицию склона к ширине лесных полос, м

Крутизна склона		Географическая широта, град.	Основная ширина лесной полосы, м							
град.	тангенсы		20–24	25–29	30–34	35–39	40–44	45–49	50–54	55–60
2–4	0,35–0,070	44–46	1	1	2	2	2	2	3	3
		46–48	1	1	2	2	2	2	3	3
		48–50	1	2	2	2	3	3	3	3
		50–52	1	2	2	2	3	3	3	3
		52–54	2	2	2	3	3	3	4	4
		54–56	2	2	3	3	3	4	4	5
4–6	0,070–0,105	44–46	2	2	3	3	3	4	4	5
		46–48	2	2	3	3	4	4	5	5
		48–50	2	3	3	4	4	5	5	6
		50–52	2	3	3	4	4	5	5	6
		52–54	2	3	4	4	5	5	6	6
		54–56	3	3	4	4	5	6	6	7
6–8	0,105–0,140	44–46	3	3	4	4	5	6	6	7
		46–48	3	3	4	5	5	6	7	7
		48–50	3	3	4	5	5	7	7	8
		50–52	3	4	5	6	6	7	8	9
		52–54	4	4	5	6	7	8	8	9
		54–56	4	5	5	6	7	8	9	10

ломное действие, на поглощение ливневого стока и поглощение талых вод, и принимается наибольшая.

Расстояние между лесными полосами из расчета на ветроломное действие. Как уже указывалось, дальность ветроломного действия лесных полос зависит от их высоты. Средняя высота взрослых лесных полос уменьшается в направлении от лесостепных районов к степным.

13. Соответствующие расчеты с учетом подверженности местности суховеям позволили уточнить наиболее выгодные расстояния между продольными полосами. Их географическое распределение изображено на рис. 1, который уже использовался для определения ширины лесных полос.

Для определения наивыгоднейшего расстояния между продольными лесными полосами (т.е. такого, при котором их защитное действие распространяется на все межполосное пространство) надо так же, как и при определении ширины лесных полос, найти на карте местность, для которой ведется проектирование, и определить, к какому типу климата по степени подверженности суховеям она относится. Первый множитель в знаменателе дроби, проставленной на территории распространения каждого типа климата, показывает наиболее выгодное расстояние между продольными лесными полосами в метрах.

14. Расстояние между поперечными лесными полосами (длину межполосной клетки) нельзя определить из расчета на обеспечение защитного действия этих полос на всем пространстве клетки, так как в этом случае последняя получится слишком короткой, неудобной для работы сельскохозяйственных машин. Чтобы в южных зонах, где главные полосы приходится

Таблица 4

Наиболее выгодные размеры межполосных клеток из расчета на ветроломное действие

Тип климата по подверженности суховеям	Преобладающий тип почв	Размеры межполосных клеток		
		ширина, м	длина, м	площадь, га
I	Серые лесные, выщелоченные и тучные черноземы	600	1500	90
II	Обыкновенные, украинские и предкавказские черноземы	450	1400	63
III	Южные черноземы	300	1200	36
IV	Темно-каштановые	200	900	18
V	Светло-каштановые и каштаново-солонцовый комплекс	150	800	12

располагать близко одну от другой, механизированная обработка полей все же была бы возможна, межполосным клеткам приходится придавать вытянутую форму. Поэтому по мере перехода ко все более засушливым типам климата расстояние между поперечными полосами уменьшается медленнее, чем между продольными.

На рис. 1 вторые множители в знаменателях дробей дают рекомендуемые длины клеток.

В табл. 4 сведены размеры длинных и коротких сторон межполосных клеток, проставленных на карте (см. рис. 1), и в последней графе указаны площади клеток, получающиеся при соблюдении рекомендуемых размеров. Кроме того, в нее вписаны типы почв, преимущественно совпадающие с определенными типами климата по суховейности.

Приведенные в табл. 4 данные показывают, что малые размеры клеток получаются как раз в тех районах, где, с одной стороны, средние урожаи невысоки и лесомелиоративная защита особенно важна, с другой – пахотные массивы все равно прерываются солонцами, песками и другими непахотопригодными землями. Таким образом, нарезка небольших полей в этих районах целесообразна.

15. При наличии местных особенностей, создающих отклонения от типичных для данной зоны условий, в цифры, полученные согласно п. 13, следует вносить поправки. Так, например, при наличии высокого уровня грунтовых вод расстояния между лесными полосами можно увеличить, приняв для них значения, соответствующие соседнему более благоприятному типу климата. В местностях, особенно сильно подверженных пыльным бурям, размеры клеток, наоборот, целесообразно уменьшать.

Расстояние между лесными полосами из расчета на водопоглощение. К пологим неэродируемым и эродируемым склонам следует подходить по-разному.

16. На пологих неэродируемых склонах, где водопоглощающие лесные полосы служат только для сохранения влаги осадков, производить расчет

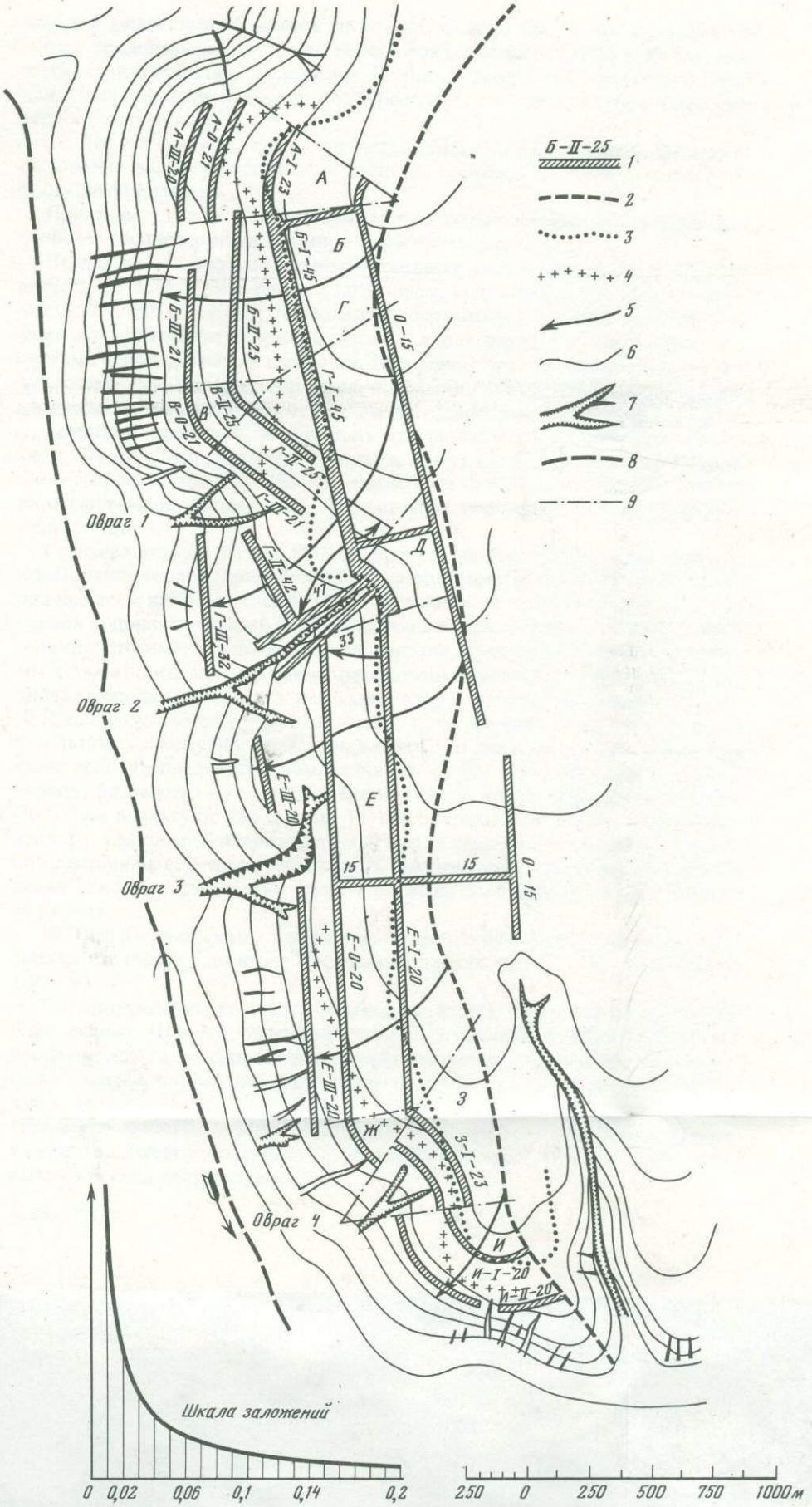


Рис. 11. Образец расчетной схемы

1 – лесные полосы, Г, Д... –литер участка, I–III– номер от водораздела, 23, 45 ... – ширина, м: *2* – водораздел; *3* – верхняя граница почв средней степени смытости; *4* – то же, размоин; *5* – линии стока; *6* – горизонтали; *7* – овраги и промоины; *8* – сухое русло в днище балки; *9* – границы расчетных участков

ширины межполосных клеток не нужно. Каково бы ни было расстояние между продольными полосами, всегда можно подобрать такую их ширину, чтобы сток полностью поглощался. В этих условиях расстояние между продольными лесными полосами подбирается из расчета на ветроломное действие лесных полос.

17. На тех склонах, где наблюдается смыв или размыв почв, проверять расстояние между продольными лесными полосами расчетом на водопоглощение обязательно.

Приведем способ определения межполосных расстояний сперва для наиболее распространенных выпуклых и прямых склонов.

Первая от водораздела противоэрозионная лесная полоса намечается без расчета: по почвенному плану и по данным, полученным при обследовании местности. Ей отводится место вдоль осредненной верхней границы размоин или, для более надежной защиты, вдоль верхней границы участка с почвами средней степени смытости. Положение полосы наносится на расчетную схему. При этом принимается, что менее сильные проявления эрозии, наблюдающиеся на более высокой части склона и не попадающие в сферу ее защитного действия, могут быть устранены агротехническими средствами. Первая противоэрозионная полоса, как указывалось выше, приостанавливает процесс эрозии ниже по склону, но действие ее распространяется на ограниченное расстояние. Это расстояние тем меньше, чем больше крутизна склона.

Создавая первую лесную полосу, которая не будет пропускать сток, мы как бы заменяем топографический водораздел новым, гидрологическим, расположенным ниже по склону. Зная расстояние от старого водораздела до первой водопоглощающей лесной полосы, т.е. расстояние, которое оказалось достаточным для возникновения эрозии, и учитывая разницу в уклонах, мы можем определить, на каком расстоянии от нового водораздела эрозия вновь возникает, если здесь не создать вторую водопоглощающую полосу.

Поскольку исторически возникшая эродированность склона является результатом совокупного действия весеннего и ливневого стока, описанный ниже способ определения положения на склоне остальных полос (кроме первой) разработан с учетом воздействия обоих видов стока одновременно. При этом возможны два случая: 1) поля страдают только от смыва, вызванного мелкоструйчатым стоком, 2) поля страдают от смыва и размыва под действием сосредоточенного стока по размоинам. Поэтому для нахождения искомого расстояния между лесными полосами даются два варианта расчета.

18. При наличии смыва без размыва определение расстояния между противоэрозионными лесными полосами производится по номограмме (рис. 8).

Для определения искомого расстояния *B* надо иметь топографический план склона. При его отсутствии следует вычертить средний (типичный) профиль склона по данным измерений на местности. Конечно, такой профиль годится только для того участка склона, на протяжении которого длина линий стока и средний уклон меняются в ограниченных пределах (примерно для ± 20% средней величины). Если отклонения больше, участок уже нельзя считать однородным; надо разделить его на части и для каждой вычертить свой типичный профиль.

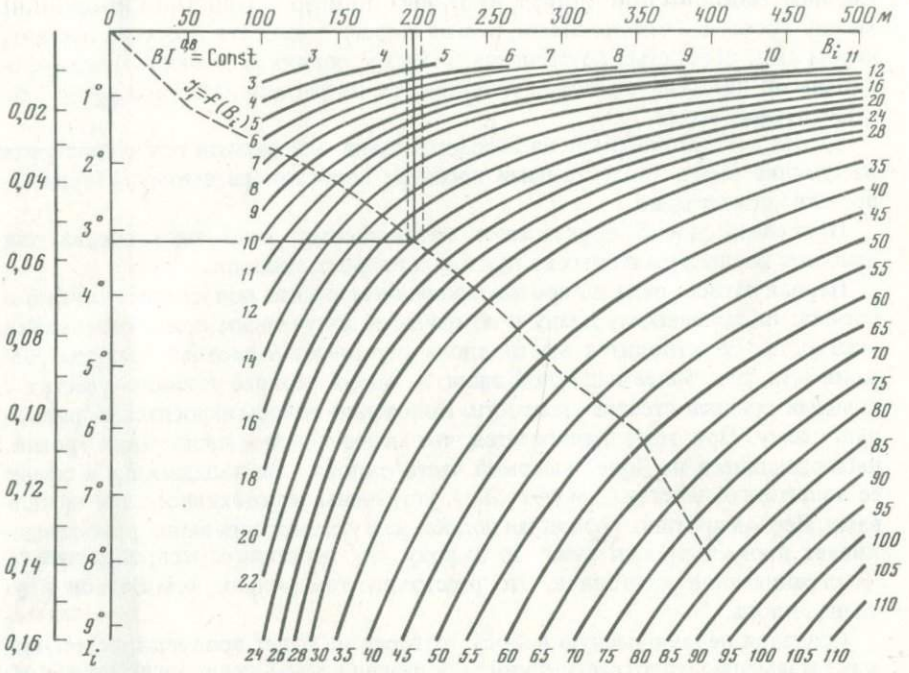


Рис. 8. Номограмма для нахождения места противоэрозионной лесной полосы на профиле склона при отсутствии размоин

Цифры у кривых – соответствующие им значения произведений $B_i I_i^{0,8}$. Пунктирная линия – примерная эмпирическая кривая для конкретного склона, являющегося объектом расчета

По плану или профилю выписывается табличка, показывающая, какую крутизну и на каком расстоянии от водораздела имеет рассматриваемый склон. Например:

Расстояние от водораздела, м	Уклон I, тангенсы	Расстояние от водораздела, м	Уклон I, тангенсы
50	0,020	250	0,070
100	0,030	300	0,090
150	0,040	350	0,105
200	0,055	400	0,140

При этом, если табличка составляется по плану, уклон I определяется как отношение сечения рельефа к расстоянию между горизонталями, заключающими очередной отрезок линии стока. Затем на номограмму накладывается восковка и на нее переносятся оси координат. Начало координат расположено в левом верхнем углу чертежа. По оси абсцисс вправо отложены расстояния по линии стока от нижней опушки первой лесной полосы, а по оси ординат вниз – соответствующие уклоны в градусах и тангенсах. В поле координат откладываются точки, соответствующие замеренным парам значений B и I. Точки соединяются ломаной линией, которая называется эпюрой уклонов.

Далее высчитывается произведение $B_i\ I_i^{0,8}$, где B_i и I – соответственно

Рис. 9. Кривая для нахождения величины $I^{0,8}$ по I

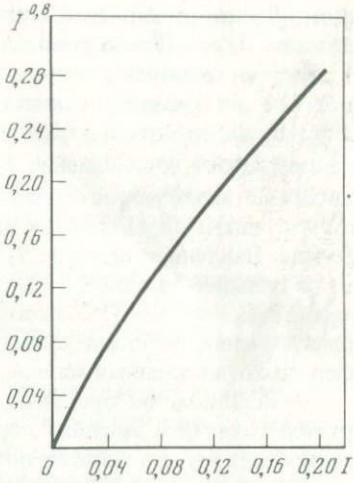
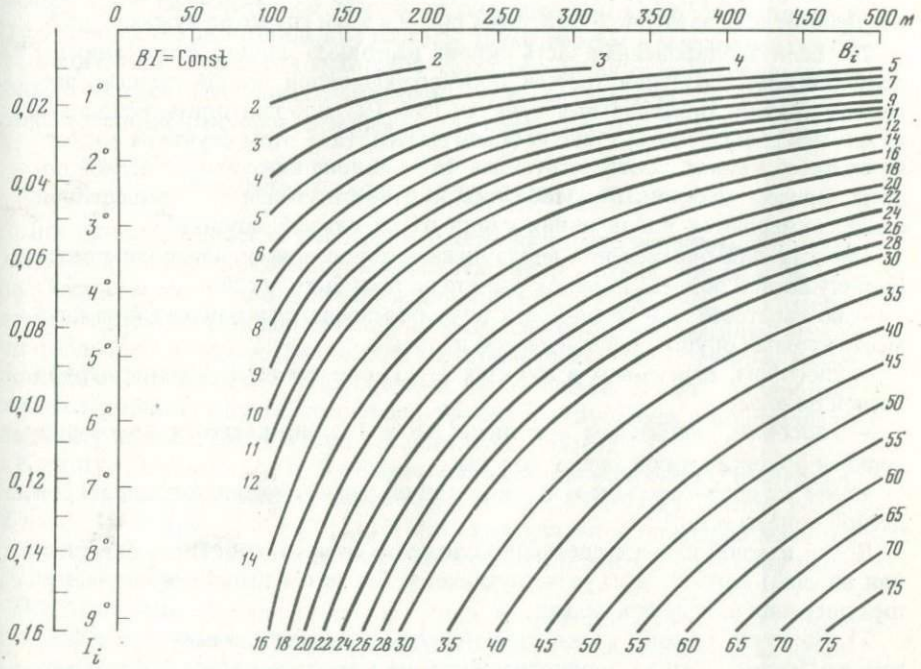


Рис. 10. Номограмма для нахождения места противоэрозионной лесной полосы на профиле склона при наличии размоин

Цифры у кривых – соответствующие им значения *BI*



расстояние от водораздела до первой противоэрозионной лесной полосы и крутизна склона в том месте, где она расположена. Напомним, что эти величины уже известны, поскольку первая полоса нанесена на расчетную схему. Для облегчения вычислений приведем график (рис. 9), позволяющий по I находить соответствующее значение $I^{0,8}$.

Когда указанное произведение высчитано, на номограмме находится кривая, на обоих концах которой записано число, равное этому произведе-

нию. Восковка накладывается на номограмму, причем обе оси координат должны на них точно совпадать. Из точки пересечения найденной кривой с ломаной линией опускается перпендикуляр на ось абсцисс. Деление, на которое он попадает, и дает наиболее выгодное расстояние B_2 от нижней опушки первой от водораздела лесной полосы до верхней опушки второй полосы. Если произведение $B_i I_i^{0,8}$ не соответствует ни одной из имеющихся на номограмме кривых, а попадает между ними, по двум ближайшим кривым определяются два искомых значения B_2 и берется промежуточное. Найденное значение B_2 является наивыгоднейшим; если бы мы приняли большее значение, эрозия в нижней части межполосной клетки продолжалась бы и после создания лесных полос, а если бы мы приняли меньшее значение, возникли бы ничем не оправданные затруднения при работе сельскохозяйственных машин.

19. Если поле изборождено размоинами и первая лесная полоса проектируется у верхней границы пораженной ими площади, ход расчета остается таким же, только вместо номограммы рис. 8 применяется номограмма рис. 10. Расчет даже несколько упрощается, так как в этом случае для выбора кривой на номограмме надо находить не произведения $B_i I_i^{0,8}$, а более простое произведение $B_i I_i$. Кривая рис. 9 в этом случае не нужна.

20. Если эродированная часть склона настолько длинна, что возникает необходимость создания третьей противоэрозионной лесной полосы, расчет по способу, описанному в пунктах 18 и 19, надо повторить, используя ту же, найденную ранее, кривую номограммы. Но в этом случае на восковке чертится кривая, соответствующая части склона ниже второй лесной полосы, причем значения B в табличке, соответствующей приведенной выше, отмеряются вдоль линии стока от ее нижней опушки.

Так как для определения места нижней опушки на профиле надо знать ширину лесной полосы, порядок расчета должен быть такой:

– по смытости или размытости почв определяется и наносится на план место верхней опушки первой лесной полосы;

– способом, описанным в пунктах 1–11, определяется ширина первой лесной полосы;

– способом, описанным в пунктах 18 и 19, определяется положение верхней опушки второй лесной полосы;

– тем же способом, как и ширина первой, определяется ширина второй лесной полосы и т.д.

После каждой из этих операций положение очередной опушки (верхней или нижней) наносится на расчетную схему, без чего к выполнению следующей операции приступать нельзя.

21. Вогнутые склоны в меньшей степени подвержены смыву и размыву, чем выпуклые. Слабая эродированность на них проявляется чаще всего в верхней части (вследствие большой крутизны склона) и в самой нижней части склона (вследствие большой длины линий стока). В его средней части почвы часто намытые. Это явление находит отражение на номограммах рис. 8 и 10; ломаная линия, построенная для вогнутого склона, загибается вверх и иногда пересекает расчетную кривую второй раз. В этом случае двум точкам пересечения соответствуют два возможных расстояния расположенной ниже полосы от лежащей выше: у верхней границы верхнего

и у нижней границы нижнего пояса эрозии. Обычно бывает целесообразнее поместить лесную полосу в верхнем поясе (если он не может быть отведен под облесение или залужение). Иногда на длинных склонах полезно расположить лесные полосы в обеих найденных точках профиля.

Террасированные склоны состоят из ряда выпуклых участков, разделенных короткими вогнутыми. Расчет надо вести для каждого выпуклого участка отдельно, отсчитывая положение верхней лесной полосы от нижней границы намытых почв, обычно распространенных у подножия уступа каждой террасы.

22. Для всех лесных полос, предназначенных воздействовать одновременно на ветер и сток, сравниваются значения ширины межполосного расстояния, полученные из расчета на ветроломное и противоэрозионное действие, и принимается меньшее из них.

23. Следует помнить, что, кроме упомянутых выше главных природных особенностей, имеется много второстепенных, которые при расчете учесть невозможно. Между тем они могут существенно влиять в ту или другую сторону как на интенсивность средних природных процессов, так и на действенность защитных лесных насаждений. Поэтому предлагаемые методы расчета сети лесных полос могут оправдываться только статистически. Это значит, что при правильном расчете, применяемом в массовом масштабе, количество лесных полос, хорошо справляющихся со своими задачами, должно повыситься. Однако отдельные неудачи, связанные с недоучетом второстепенных факторов, неизбежны. Их необходимо исправлять на месте.

ВОЗМОЖНЫЙ РАСЧЕТ СЕТИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Для лучшего усвоения изложенной методики ниже приводится примерный расчет сети лесных полос для части землепользования одного из колхозов Острогожского района Воронежской области. Территория, на которую составлен расчет, представляет собой пахотный склон, заключенный между водоразделом и сухой долиной. Пахотопригодная часть склона имеет площадь около 400 га. Подбровочный склон весьма сильно эродирован; наиболее крупные овраги перерезали бровку и углубились в водораздельное пространство. Рельеф местности довольно сложный.

Картографической основой расчета является выкопировка с топографического плана, в оригинале имеющего масштаб 1:25 000 при сечении рельефа через 10 м (рис. 11, вкл.)[4]. На ней вычерчиваются линейный масштаб и шкала заложений. Затем по мере вычисления размеров на основу наносится расчетная схема.

Общие данные. Прежде всего определим те природные условия, которые остаются постоянными для всей территории проекта: географическая широта — около 51°, тип климата по интенсивности ливней близ границы А = 3 и Д = 4, по интенсивности снеготаяния (см. рис. 6) $S = 0{,}035$, по подверженности суховеям (см. рис. 1) — II.

Основные размеры ветроломной сети. Размеры межполосной клетки (см. рис. 1) — 450 х 1400 м, площадь межполосной клетки (см. табл. 4) —

[4] При массовых работах над проектами сети лесных полос желательно иметь планы более крупного масштаба: 1: 10 000 – 1: 15 000 с сечением рельефа через 2–5 м.

63 га, ширина ветроломных полос – 15 м. Для клеток, расположенных на плоских водоразделах и террасах, а также для поперечных лесных полос на пологих склонах эти размеры являются окончательными (как рекомендация, вытекающая из расчета; при размещении лесных полос от них могут быть допущены отклонения).

Деление на расчетные участки. Проводим согласно горизонталям линию водораздела, являющуюся верхней границей территории, на которую ведется расчет. Подразделяем пахотопригодную площадь склона на приблизительно однородные участки. При этом принимаются во внимание форма водосбора в плане (нейтральная, собирающая, рассеивающая), длина и крутизна склона, расстояние от водораздела до верхней границы смытой или размытой площади и генетический тип почв (как основа определения их водопроницаемости).

Несмотря на стремление выделять именно однородные участки, в пределах некоторых из них приходится допускать значительные изменения отдельных характерных черт рельефа. Чрезмерная дробность деления затруднила бы расчет и размещение лесных полос. Практически нет смысла выделять расчетные участки с площадью меньшей, чем вероятная площадь самых малых полей или бригадных участков.

С учетом указанных соображений выделяем на объекте девять участков по возможности правильной геометрической формы (прямоугольники, трапеции, треугольники, секторы круга). Присваиваем каждому литеру (от А до И) и проставляем их на расчетной схеме. Литерами Б, Г, Е обозначаются нейтральные по форме водосборы, литерами А, В, Ж, И – рассеивающие, а Д и З – собирающие.

Участки различаются также по генетическому типу почв. Обследование на местности показало, что участки от А до Д включительно имеют темно-серые лесные почвы, от Е до И – обыкновенные и выщелоченные черноземы. На участке Е в развилке оврага есть солонцеватые черноземы, которые, однако, вследствие малой площади, ими занимаемой, не заслуживают выделения в отдельный участок.

Все типы почв имеют глинистый или тяжелосуглинистый механический состав. Согласно табл. 1, темно-серые лесные почвы такого механического состава относятся к типу II по водопроницаемости. Поэтому при расчетах на ливневый сток для участков от А до Д надо пользоваться кривыми II_3 и II_4, беря из них средний результат $\left(\text{тип } \frac{II_3 + II_4}{2}\right)$; при расчетах на талые воды надо пользоваться прямыми II-0,035. Обыкновенные черноземы при том же механическом составе относятся к типу IV по водопроницаемости, выщелоченные – к типу II. Поскольку они перемежаются на небольших пространствах и образуют переходные разности, принимаем для расчета средний – III. Отсюда следует, что для участков от Е до Д надо пользоваться кривыми III_3, III_4 $\frac{(III_3 + III_4)}{2}$, при расчетах на весенний сток – прямыми III–0,035.

Все участки, кроме участка И, относятся к западной и близким к ней экспозициям. Следовательно, поправку на экспозицию к ширине размещающихся на них лесных полос вносить не нужно. Участок И имеет экспози-

цию, близкую к южной. Необходимость поправки на экспозицию зависит от крутизны надбровочного склона.

Участок Б. Расчет целесообразно начать с участка Б, а не с участка А, так как Б – большой участок с нейтральным водосбором, в то время как А – малый участок с рассеивающим водосбором. Расчет его облегчится после того, как будет проведен расчет для участка Б.

Проводим общую водораздельную лесную полосу вдоль верхней границы участков Б, Г и Д. Она имеет чисто ветроломное назначение, поэтому за ней закрепляется установленная выше ширина – 15 м. Придаем ей нулевой номер.

Проводим среднюю линию стока для участка Б. Она пересекает располагающуюся в 400 м от водораздела границу распространения среднесмытых почв и в 500 м от него – границу размоин. Так как ниже до бровки остается еще 450 м с хотя и размытыми, но пахотопригодными почвами, расчет целесообразно вести на размытость, используя номограмму (см. рис. 10), обеспечивающую большую густоту лесных полос. Однако для прекращения также и смыва первую противоэрозионную полосу – Б-I – проводим вдоль верхней границы среднесмытых почв.

Устанавливаем расстояние от западной опушки водораздельной полосы до верхней опушки Б-I. Оно равно 320 м. Полосу Б-I проводим параллельно общей водораздельной полосе, так как поворот горизонталей между ними незначителен.

При определении ширины Б-I при расчете на сток ливневых вод предварительно определяем средний уклон межполосного пространства между полосами О и Б-I. Для этого оцениваем на глаз или шагами с точностью до 0,1 количество интервалов между горизонталями, пересекаемыми средней линией стока на этом пути. Из плана видно, что линия стока в пределах межполосного пространства проходит 0,9 одного интервала и 0,1 – другого. Общее падение – 9+1 = 10м на длине линии стока B_1, составляющей 350 м (это расстояние больше, чем ширина межполосной клетки, так как линия стока идет по кривой). Уклон $I_1 = 10 : 350 = 0{,}029$.

По рис. 2 определяем по кривой II_3 $b_1 = 3{,}5$ м, по кривой II_4 $b_1 = 10{,}5$, среднее $b_1 = 7$ м. Так как этот результат меньше 20 м, то принимаем b_1 равным 20 м.

При определении ширины Б-I при расчете на сток талых вод уклон не учитывается. Длина линии стока на межполосной клетке нам уже известна– 350 м. По рис. 7 определяем по кривой II-0,035 $b_1 = 45$ м.

Из полученных значений $b_1 = 15$, 20 и 45 м принимаем наибольшее – 45 м. Откладываем ширину Б-I на схеме и наносим ее нижнюю опушку.

Перейдем к определению межполосного расстояния между Б-I и Б-II. Если ширина первого межполосного расстояния – B_1 – определялась эмпирически по границе смытости, то определение ширины B_2 уже требует расчета. Так как расчет ведется на ликвидацию размоин, воспользуемся номограммой рис. 10:

$$B_1 I_1 = 350 \cdot 0{,}029 = 10{,}1.$$

Принимаем на номограмме ближайшую кривую, соответствующую $B_1 = 10$. Из-за расхождения в 0,1 интерполировать не имеет смысла.

Для построения эпюры уклонов находим парные значения B и I, откла-

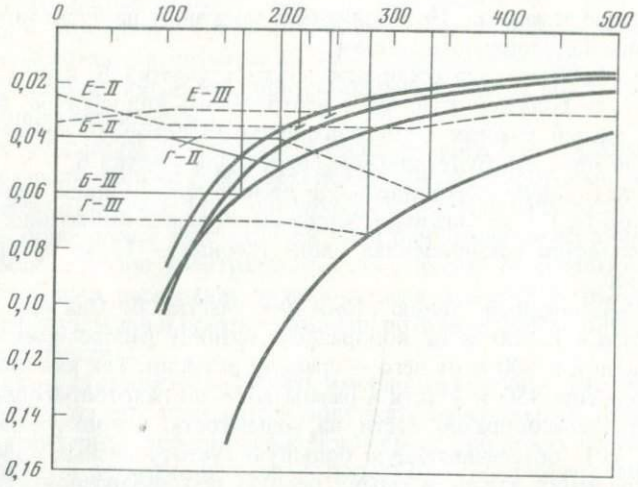


Рис. 12. Образец рабочей сетки для определения расстояния между противоэрозионными лесными полосами с помощью номограмм рис. 8 и 10

дывая измерителем на линии стока отрезки по 100 м. За нулевую точку принимаем точку пересечения средней линии стока с нижней опушкой полосы Б-I. Уклон для каждого отрезка принимаем равным среднему уклону между ближайшими горизонталями. Он в свою очередь определяется перенесением с помощью измерителя расстояния между горизонталями на шкалу заложений. Если конец отрезка падает на горизонталь или близко к ней, берется среднее значение из уклонов двух смежных интервалов. Составляем табличку парных значений *B* и *I* (от Б-I до бровки):

B, м	*I*
0	0,040
100	0,040
200	(0,040+0,060) : 2 = 0,050
300	0,060
400	0,060
500	0,060

Для облегчения построения эпюр служат рабочие сетки (рис. 12), совпадающие с сеткой номограмм рис. 8 и 10. Рабочие сетки следует печатать на восковке в достаточном количестве, и проектировщики должны всегда их иметь.

Для расчета расстояния от Б-I до Б-II на сетке вычерчивается эпюра, соответствующая приведенной выше табличке парных значений *B* и *I*. Каждая пара значений дает координаты одного из углов (точек перелома) эпюры (см. рис. 12). Эта эпюра обозначена индексом Б-II. Практически нет надобности чертить всю эпюру. Ее можно оборвать, как только при наложении на номограмму она пересечется с нужной кривой, в данном случае с кривой *10*.

На график (см. рис. 12) вторая сверху кривая перенесена с графика 10, где она обозначена цифрой 10. Если рабочая сетка вычерчена на восковке, этого делать не нужно, так как при наложении восковки на номограмму все кривые видны на просвет.

Из точки пересечения эпюры с кривой опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и находим B_2 = 200 м. Откладываем этот размер на средней линии стока от нижней опушки Б-I и проводим верхнюю опушку лесополосы Б-II. Здесь уже горизонтали значительно изменили направление, и мы намечаем лесную полосу параллельно ее "собственной" горизонтали. При размещении полос и полей будет видно, можно ли выдержать это направление или от него придется отступить.

При определении ширины Б-II из расчета на сток ливневых вод учитывать уклон не нужно, его можно взять с рис. 11. На нем видно, что ордината точки пересечения эпюры с кривой *10* равна 0,05 – это и есть уклон под Б-II.

По рис. 2 определяем по кривой II_3 b_2 = 6 м, по кривой II_4 b_2 = 18 м, среднее b_2 = 12 м, принимаем b_2 = 20 м.

Определяя ширину Б-II из расчета на сток талых вод по известному нам значению B_2 на рис. 7 по прямой II-0,035 находим b_2 = 25 м.

Из полученных значений b_1 = 15, 20 и 25 м принимаем наибольшее – 25 м. Откладываем ширину Б-II на схеме и наносим ее нижнюю опушку.

Определяя межполосное расстояние между Б-II и Б-III, воспользуемся табличкой значений B и I, приведенной выше. Из нее следует, что ниже полосы Б-II склон имеет прямой профиль при крутизне 0,06. В этом случае эпюра имеет форму горизонтальной прямой. Наносим ее на рис. 12. Находим B_3 = 165 м. Откладываем этот размер по линии стока и проводим верхнюю опушку лесной полосы Б-III параллельно Б-II. Эта лесная полоса, очевидно, последняя, так как она располагается совсем близко от бровки. В северной части участка она даже не может быть проведена, так как здесь в водораздельное пространство врезаются два надбровочных оврага.

При определении ширины Б-III из расчета на ливневый сток (уклон 0,06) по рис. 2 находим по кривой II_3 b_3 = 7 м, по кривой II_4 b_3 = 21, среднее – b_3 = 14, принимаем b_3 = 20 м.

Устанавливая ширину Б-III из расчета на сток талых вод (расстояние по линии стока 165 м) по рис. 7, определяем по кривой II-0,035 b_3 = 21 м. Из полученных значений b_3 = 15, 20 и 21 м принимаем наибольшее – 21 м. Откладываем ширину полосы Б-III на схеме и наносим нижнюю опушку.

В ходе расчета выявились некоторые особенности участка Б. Одной из них является отсутствие водопоглощающих полос. Смыв и размыв продвинулись здесь по направлению к водоразделу очень далеко; вслед за ними приходится продвигать противоэрозионные лесные полосы. В результате для чисто водопоглощающих полос не остается места. Такое положение характерно для сильно расчлененных районов.

Что касается противоэрозионных полос, то при избранной методике вместе с увеличением крутизны вниз по склону расстояния между ними по линии стока уменьшаются: B_1 = 350 м, B_2 = 200, B_3 = 165 м. Одновременно уменьшается и ширина межполосных клеток, которая близка к величине B, а на участках с прямыми горизонталями практически ей равна. Это сближение (которое имеет место только на выпуклых склонах) теоретически вполне оправдано, так как для предотвращения эрозии по мере увеличения крутизны должно уменьшаться водосборное пространство каждой лесной полосы.

Теперь сравним ширину лесных полос, полученную из расчетов на сток ливневых и талых вод:

Ливневые воды, м	Талые воды, м
$b_1 = 7$	$b_1 = 45$
$b_2 = 12$	$b_2 = 25$
$b_3 = 14$	$b_3 = 21$

Мы видим, что по мере увеличения крутизны склона величина, полученная из расчета на сток ливневых вод, увеличивается, а полученная из расчета на сток талых вод – уменьшается. Последнее является следствием сближения лесных полос, что для весеннего паводка имеет решающее значение. Поскольку в пределах уклонов, встречающихся на участке Б, величины, полученные при расчете на талые воды, все же остаются наибольшими, можно сделать вывод, что в районе проекта весенний сток представляет большую опасность, чем сток ливневых вод. Это опять-таки естественно, так как показатель силы ливней для района равен 3,5, т.е. близок к наинизшему из встречающихся в южной части Европейской территории СССР.

Явное преобладающее значение весеннего стока позволяет на следующих участках не производить расчета на ливни, во всяком случае на уклонах меньше 0,06.

Из расчета видно, что наибольшее значение имеет верхняя лесная полоса, проходящая на границе среднесмытых и размытых почв, так как весной она принимает основную стоковую нагрузку с обширного водосбора. Поэтому результат расчета, по которому она получается наиболее широкой, вполне логичен. Иное будет в районах, также отличающихся выпуклыми и прямыми склонами, но с преобладанием опасности сильных ливней (например, на Украине); там положение будет другим. Так, несмотря на сближение лесных полос с увеличением крутизны склона, наиболее напряженными могут оказаться самые крутые участки надбровочных склонов. Для них расчет автоматически покажет увеличение ширины полос вниз по склону.

Участок А. По крутизне и длине склонов этот участок очень похож на участок Б. Отличие его заключается лишь в резко выраженной рассеивающей форме водосбора. Поэтому расчет межполосных расстояний для участка А можно не повторять, приняв расстояния, высчитанные для смежного участка Б. Необходимо только внести поправку на кривизну горизонталей.

Для расчета прежде всего необходимо определить центр кривизны поверхности участка. Определять его приходится приблизительно, так как кривизна горизонталей – величина переменная. Намечаем центр в точке пересечения крайних нормалей к горизонтали, проходящей в средней части склона.

Согласно п. 8, для верхней лесной полосы рассеивающего водосбора, имеющего форму сектора круга, ширина А-1 – b_{p1} высчитывается по формуле

$$b_p = \frac{b}{2},$$

где под b подразумевается ширина лесной полосы, высчитанная на нейтральном водосборе при такой же крутизне и длине линий стока. В качестве b_1

мы решили принять ширину лесной полосы Б-I. Тогда

$$b_{p1} = \frac{45}{2} \approx 23 \text{ м}.$$

Лесную полосу найденной ширины вычерчиваем по дуге круга с таким расчетом, чтобы нижняя опушка сопряглась с нижней опушкой полосы Б-I. При окончательном проектировании будет видно, следует ли сохранить эту дугообразную форму или заменить ее ломаной.

Согласно п. 8, для всех лесных полос рассеивающего водосбора, кроме верхней, ширина А-II высчитывается по формуле

$$b_p = b\frac{R+r}{2R}.$$

Величина r определяется измерением по плану; она оказывается равной 520 м. Чтобы определить R, от нижней опушки полосы А-I откладываем принятое нами межполосное расстояние между А-I и А-II (равное расстоянию между Б-I и Б-II), т.е. 200 м. Тогда R = 520 + 200 = 720 м, b равно ширине полосы Б-II – 25 м.

Радиусом в 720 м из того же центра строим дугу – верхнюю опушку полосы А-II.

По формуле имеем $b_{p2} = 25\,\frac{720+520}{2{,}720} = 22$ м.

Радиусом в 720 м из центра сектора проводим дугу – опушку полосы А-II. От нее откладываем ширину полосы А-II и строим нижнюю опушку.

Межполосное расстояние между А-II и А-III не может быть выдержано таким же, как между Б-II и Б-III (165 м). На участке А бровка поднимается выше, и полосу А-III можно отнести от А-II самое большое на 100 м. Это минимальная ширина поля почвозащитного севооборота.

Если на участке Б при B_3 = 165 ширина полосы Б-III получилась равной 21 м, то на участке А при B_3 = 100 м она явно получится меньше 20 м. Поэтому без расчета принимаем B_3 = 20 м. Как видно, на рассеивающем водосборе ширина полос снизу вверх отнюдь не возрастает так резко, как на нейтральном, а остается почти постоянной: 20, 21, 23 м. Физически это опять-таки обосновано, так как по мере увеличения вверх по склону ширины межполосных пространств длина их (вдоль горизонталей) уменьшается. Структура формул это учитывает.

Участок В. Подобно участку А, он представляет собой рассеивающий водосбор и также является продолжением участка Б, только в другую сторону. К нему подходят полосы Б-II и Б-III. При продолжении их на территорию участка В ширина их увеличиться не может, так как формулы рассеивающих водосборов всегда приводят к ее уменьшению. Но в данном случае и уменьшение может быть незначительным, так как ширина лесных полос близка к нижнему пределу. Поэтому целесообразно продолжить указанные полосы без перерасчета, оставив ширину В-I (продолжение Б-II) 25 м, а ширину В-II (продолжение Б-III) 21 м.

Участок Г. Этот участок имеет сложную неправильную форму. Горизонтали на нем близки к прямым, и он должен рассчитываться как участок с нейтральным водосбором. Но расположение горизонталей веерообраз-

ное; они сближаются на северо-западе и расходятся на юго-востоке, к тому же на северо-западе в участок глубоко врезается овраг (Ов. 1). Очевидно, для северо-западной части склона результаты расчета главной (длинной) части склона, вдающейся между оврагами (Ов. 1 и Ов. 2), придется видоизменить. От участка Б участок Г отличается еще и тем, что размоины на нем встречаются лишь в одном углу, и поэтому расчет расстояний должен вестись на смытость по номограмме рис. 8.

Рассчитаем сначала главную часть участка. Линия водораздела переходит с участка Б почти без изгибов, и поэтому водораздельная полоса, естественно, должна продолжаться по прямой линии. Что касается полосы Г-I, то ее положение вызывает сомнение. Если расположить ее вдоль горизонталей, которые здесь идут под большим углом к водоразделу и бровке, направление наиболее крупных полей, параллельное водоразделу и уже намеченное на участке Б, сразу нарушится. В размещении полей возникнут большие трудности, и в результате при землеустройстве лесные полосы окажутся расположенными столь отлично от их расположения на расчетной схеме, что расчет потеряет всякий смысл. Во избежание лишней затраты труда уже при расчете надо учитывать возможности землеустроителя и трудности, с которыми он столкнется.

Исходя из этих соображений, примем положение лесной полосы Г-I на продолжении Б-I, параллельное водоразделу и бровке. В данном случае это допустимо, поскольку общие уклоны очень малы и сток вдоль опушки легко может быть направлен в лесную полосу[5]. Лесная полоса сначала идет по границе смытости, потом срезает ее изгиб, в чем нет никакой беды.

Расчет на ливни не производим ввиду выявившейся большей эрозионной опасности талых вод для пологих склонов данной местности. Длина средней линии стока на межполосной клетке по измерению B_1 = 550 м. Отсюда из расчета на талые воды по рис. 7 b_1 = 70 м. Такую ширину лесная полоса Г-I должна была бы иметь, если бы она располагалась вдоль горизонтали.

Прежде чем уменьшить b_1 до наибольшей допустимой ширины, надо высчитать поправку за непараллельность лесной полосы горизонталям. Все поправки высчитываются от значений, полученных из расчета, и, если после их внесения размер все-таки выходит за разрешенные пределы, только тогда его следует к ним приводить.

В данном случае угол лесной полосы (в ее средней части) с горизонталью, на плане обозначенный как γ, равен 47°.

Если обозначим ширину наклонных лесных полос b, а горизонтальных – $b_э$, то, согласно п. 7,

$$b_1 = b_{э1} \cos\gamma = 70 \cdot 0{,}68 = 47{,}5 \text{ м}.$$

Ширина лесной полосы Г-I оказалась практически равной ширине ее продолжения Б-I. Расхождение в 2,5 м объясняется исключительно неточностью в проведении и измерении средней линии стока и горизонталей. Такого результата следовало бы ожидать. От того что на участке Г горизонтали завернули и пошли наискось по отношению к направлению длинной стороны

---

[5] Принимая наиболее обычный в землеустроительной практике вариант размещения полей, следует помнить, что возможен и другой, незаслуженно пренебрегаемый, – вариант с расположением полей "елочкой".

межполосной клетки, водосбор лесной полосы не стал больше, чем на участке Б. Следовательно, и ширина лесной полосы, поглощающей сток с этого водосбора, должна быть такой же, как в пределах Б. Принимаем $b_1 = 45$ м.

Определим межполосное расстояние между Г-I и Г-II. Падение на межполосном пространстве – 1,8 горизонтали, равно – 18 м. Уклон

$$I_1 = \frac{18}{550} = 0{,}033.$$

При расчете на смыв пользуемся номограммой рис. 8, поэтому предварительно находим $I_1^{0,8}$ по рис. 9. При $I_1 = 0{,}033$ $I_1^{0,8} = 0{,}064$

$$B_1 I_1^{0,8} = 550 \cdot 0{,}064 = 35{,}2.$$

Принимаем ближайшую кривую, соответствующую $BI^{0,8} = 35$. Составляем табличку парных значений B и I:

B, м	I
0	0,04
100	0,04
200	0,04
300	(0,04 + 0,07) : 2 = 0,055
400	0,07

Чертим эпюру (Г-II на рис. 12). При наложении на рис. 8 она пересекается с кривой *35* в точке, соответствующей В-II = 335 м. Откладываем 335 м по линии стока и строим верхнюю опушку полосы Г-II. Поворачиваем ее по касательной к горизонтали, которая имеет дугообразную форму. Полоса попала на узкий междуовражный участок, имеющий слабо рассеивающую форму поверхности и сильно смытые почвы.

Это угодье пригодно только для почвозащитного севооборота, и его целесообразно обрабатывать ленточной вспашкой. В этом случае при окончательном проектировании полосу нужно будет изогнуть вдоль горизонтали.

Ширина Г-II по прежнему методу $b_2 = 42$ м.

При определении межполосного расстояния между Г-II и Г-III по прежнему методу получаем $B_3 = 280$ м. Но эта полоса оказывается уже прибалочной и попадает на вершины промоин. Поэтому несколько отодвигаем ее вверх и принимаем $B_3 = 250$ м.

Ширина Г-III получается $b_3 = 32$ м. Эта полоса, как и Г-II при ленточном земледелии, может быть изогнута дугой.

На участке Г, как и на участке Б, ширина полос уменьшается книзу, но более постепенно, так как ширина верхней полосы Г-I уменьшилась с 70 до 45 м вследствие поворота горизонталей, в то время как полосы Г-II и Г-III остались неповернутыми. Ширину полос Г-II и Г-III можно несколько уменьшить, подсчитав поправку на рассеивающую форму водосбора, но на примере полос А-II и А-III можно предвидеть, что она уменьшится не более чем на 2–3 м, так как радиус кривизны велик.

Для части участка Г, находящегося к северу от вершин Ов. 1, можно применить два решения: либо продолжить после разрыва полосу Г-II, расположив ее кулисообразно по отношению к южному отрезку, в соответствии с ходом горизонталей, либо продолжить две узкие полосы, проходящие по участкам Б и В. На плане изображен второй вариант.

Участок Д. Он представляет собой продолжение участка Г, имеющее форму собирающего водосбора. Водосбор питает главную вершину громадного и активного растущего оврага (Ов. 2). Очевидно, этот участок нуждается в усиленной защите. В то же время благодаря малому расстоянию, оставшемуся между вершиной оврага и водоразделом, на нем можно разместить только одну лесную полосу. Такая полоса Д-I может явиться естественным продолжением полосы Г-I.

Проводим верхнюю опушку Г-I по дуге, имеющей центр в вершине треугольника, радиусом, равным расстоянию от этого центра до верхней опушки Г-I.

Измеряем *r*, который равен 375 м. *R* является величиной неопределенной, так как верхняя граница водосбора – водораздел – имеет форму не дуги, а прямой, косо расположенной по отношению к центральному радиусу сектора. Принимаем за *R* расстояние от центра кривизны до средней точки водораздела (в пределах участка Д). Тогда $R = 650$ м.

Принимаем за исходное значение *b* ширину полосы Г-I – продолжения Д. Тогда по формуле п. 8

$$b_{c1} = 45 \frac{650 + 375}{2 \cdot 375} = 61 \text{ м}.$$

Принимаем $b_{c1} = 60$ м. Максимальная разрешенная ширина полосы едва обеспечивает поглощение сосредоточенного стока. Полоса была бы надежнее, если бы ее можно было отодвинуть дальше от вершины оврага, но в этом случае она вклинится в одно из лучших полей.

Ов. 2 в отличие от Ов. 1 имеет значительные боковые водосборы, что видно по затяжке горизонталей. Поэтому он должен быть обведен приовражными полосами.

Намечаем две лесные полосы, начинающиеся от Д-I и несколько расходящиеся вниз, чтобы уменьшить продольный уклон их верхних (наружных) опушек. Длина линий стока, к ним направляющихся, меняется в широких пределах. Расчет ведем на наиболее длинные линии стока, показанные на плане, так как активный овраг должен быть предельно огражден от поступления стока. По этой же причине применяем поправку на непараллельность лесных полос горизонталям. Экономить на ширине лесных полос нет особых оснований, так как приовражные полосы располагаются на склонах ложбины, которые все равно не должны распахиваться.

В результате расчета на талые воды получаем для приовражной (и в то же время приложбинной) полосы, идущей вдоль правой бровки $b_{Ов.п} = 47$ м, для полосы, идущей вдоль левой, – $b_{Ов.л} = 35$ м.

Левая полоса расположена на солонцеватых черноземах, которые, однако, относятся к тому же II типу почв по водопроницаемости, что и темно-серые лесные.

Обе приовражные полосы идут лишь до тех пор, пока продольная крутизна вдоль их опушек не превышает 2°. Дальше их продолжать опасно, так как направлять талые воды в полосу становится слишком трудно и скопление снега на опушке может вызвать новые размывы. Ниже, очевидно, придется запроектировать сплошные насаждения. Другой вариант решения – создание колкового насаждения вокруг всего оврага, заменяющего также и полосу Д-I.

Участок Е. Это длинный участок склона с нейтральной формой водосбора. Водораздел слабо намечен, переходит в плато, которое только в южной части вновь сужается благодаря расположенной на юго-востоке балки с вершинным оврагом. Смытые почвы подходят здесь очень близко к водоразделу, местами до 100 м. Размоины есть только на юге, в нижней части склона. Если полосу Е-I продолжить по верхней границе смытых почв, то водораздельную полосу придется снять совсем, иначе две полосы окажутся расположенными слишком близко одна от другой. Однако водораздельная полоса не столь важна; вместо нее можно запроектировать ветроломную полосу восточнее водораздела, в пределах плато, отодвинув ее от Е-I на предельное для ветроломных полос расстояние – 450 м.

Определим ширину Е-I. На участке Е развиты черноземы, частично выщелоченные. Мы договорились отнести их по водопроницаемости к типу почв III. Летняя водопроницаемость здесь выше, чем на участках А–Д, зимняя же на полях везде принимается нулевой (в расчете на худший случай – ледяную корку). Поэтому здесь имеется еще меньше оснований, чем на предыдущих участках, производить расчет на ливневый сток.

Расчет на талые воды ведем по линии стока, проведенной в северной части участка между Ов. 2 и Ов. 3. Другая линия стока нанесена на план в южной части. Однако нетрудно заметить, что профиль склона в обеих частях участка примерно одинаков, только на юге он несколько короче. Это дает нам право для всего участка, несмотря на его большую длину, вести расчет по одной линии стока.

Ширина Е-I по рис. 7 (прямая III-0,035) дает b_1 = 19 м. Принимаем b_1 = = 20 м.

Расчет межполосных расстояний ведем на смытость, поскольку размоины распространены лишь на узкой полосе около бровки.

Определим межполосное расстояние между Е-I и Е-II. Имеем B_1 = 310 м. Падение – 7 м.

$$I_1 = \frac{7}{310} = 0{,}023; \quad I_1^{0,8} = 0{,}048; \quad B_1 I_1 = 15.$$

На рис. 8 имеются кривые $BI^{0,8} = 14$ и $BI^{0,8} = 16$. Поэтому засечки на номограмме следует делать на середине между ними (см. рис. 12).

Парные значения B и I:

B, м	I	B, м	I
0	0,025	300	0,035
100	0,035	400	0,030
200	0,035	500	0,030

Отличие рассматриваемого профиля от предыдущих заключается в том, что он частично, на отрезке 300–400 м, имеет вогнутую форму. В приведенной выше табличке значение I снижается, а эпюра соответственно поднимается. Как уже отмечалось, это может привести ко второму пересечению эпюры с выбранной кривой, указывающему на существование второго эрозионно опасного пояса. Однако в данном случае вогнутость мала и до второго пересечения дело не доходит.

Находим B_c = 218 м. Лесная полоса пересекает вершину Ов. 3. Очевидно, придется или поднять лесную полосу, или закрыть вершину массивным насаждением.

Ширина Е-II по рис. 7 получается меньше 20. Принимаем b_2 = 20 м. Лесная полоса на двух отрезках непараллельна горизонтали, но поправку высчитывать не нужно, так как ширина и без того минимальная.

Межполосное расстояние между Е-II и Е-III получается B_3 = 242 м (см. рис. 12, эпюра Е-III). Номограмма автоматически фиксирует вогнутость склона, выполаживание его в нижней части. В связи с этим в противоположность всем рассчитанным выше выпуклым профилям расстояния между лесными полосами книзу увеличиваются.

В южной части участка лесная полоса Е-III на расчетном расстоянии уже не помещается. Ее приходится поднять, приняв по месту B_3 = 130 м.

Ширина Е-III выходит меньше 20 м. Принимаем b_3 = 20 м. Бросается в глаза резкое уменьшение ширины лесных полос участка Е по сравнению с участками А–Д, расположенными на темно-серых лесных почвах. Это уменьшение целиком обязано более высокой водопроницаемости черноземов. В то же время приближение границы среднесмытых почв к водоразделу на участке Е заставляет думать, что черноземы в этом месте не имеют столь резкого преимущества над серыми лесными почвами.

Участок Ж. Малый участок с рассеивающим водосбором, подобно В не заслуживающий отдельного расчета. На него продолжаются полосы Е-I и Е-II. Поправка на кривизну горизонталей неприменима, так как ширина лесных полос минимальная.

Участок З. Собирающий водосбор, питающий Ов. 4. По форме весьма похож на участок Д, однако имеет и важное отличие. На участке Д расстояние от центра кривизны до границы среднесмытых почв занимает меньше половины высоты треугольника и сама граница приближена к вершине оврага; на участке З смытость приблизилась к водоразделу, а овраг до нее еще не дошел. Поэтому поглощение стока можно организовать в более высокой части водосбора, где сток еще не сконцентрировался в водоподводящих ложбинах.

Участок И. Ярко выраженный рассеивающий водосбор у слияния балок. Граница размоин, как обычно на рассеивающих водосборах, резко понижается. Граница смытости также опускается по сравнению с соседним участком З на целых 10 м по вертикали.

Ширина полосы И-I = 350 м. Из расчета на талые воды получаем b_1 = 21 м. Склон имеет в основном южную экспозицию. Необходимо выяснить, не следует ли в связи с этим увеличить ширину этой лесной полосы.

Полоса И-I расположена в середине интервала между двумя горизонталями. Сравнение этого интервала со шкалой заложения показывает уклон 0,045. Табл. 3 для такого уклона и географической широты 51° дает поправку +1 м. Итого b_1 = 22 м. Однако надо еще внести противоположно влияющую поправку на кривизну горизонталей. Для первой сверху полосы это дает уменьшение вдвое. Окончательно принимаем b_1 = 20 м. Из этого примера видно, что при небольших уклонах и малом радиусе кривизны влияние рассеивающей формы водосбора значительно сильнее, чем влияние экспозиции.

Межполосное расстояние между И-I и И-II определяется близостью к бровке. Принимаем B_2 = 180 м. При этом полоса И-II все же прерывается одним оврагом, нуждающимся в привершинном насаждении.

Ширину И-II по аналогии с И-I можно принять без расчета b_2 = 20 м.

Ширина поперечных лесных полос определена в начале расчета: $b = 15$ м. Остается решить, между какими продольными полосами они нужны.

Расчет показал, что поля на склоне должны быть расположены в основном в три ряда, в узкой южной части – в два ряда. В зависимости от земельного и кормового балансов колхоза возможны два решения.

Верхний ряд (между водораздельной и первой противоэрозионной лесными полосами) отводится под поля полевого севооборота, второй – под поля кормового почвозащитного севооборота, третий – под постоянное культурное залужение. Этот вариант наилучший, если учесть далеко продвинувшуюся смытость и исключительно активную овражную эрозию на склоне. При таком варианте поперечные полосы могут быть размещены только в верхнем ряду полей и в южной части среднего ряда (участок Е). В нижнем ряду могут быть предусмотрены кольматирующие клетки площадью 1–3 га. Замыкающие их поперечные полосы, хотя и расположенные на крутых склонах, не опасны, так как проходят среди густого нераспахиваемого травостоя.

На схеме нанесен этот вариант при максимальном расстоянии между поперечными полосами, равном 1400 м. Кольматирующие клетки не показаны. Размещение их является задачей, входящей в последующие операции работы над проектом.

При невозможности выделить значительную площадь под кормовые угодья придется отвести под полевые севообороты первый и второй ряды полей. В этом случае полосы А-II, Б-II, Г-II целесообразно выпрямить параллельно водоразделу и между ними и первой продольной полосой также предусмотреть одну-две поперечные полосы. Нижний ряд отводится под кормовые почвозащитные севообороты. Уклоны здесь достигают 0,06–0,07 (3–4°). При таких уклонах поперечные полосы среди пашни недопустимы. Ветроломное действие при северных и южных ветрах будет обеспечиваться поворотами и боковой шероховатостью продольных полос, приовражными полосами и массивными насаждениями вокруг оврагов (которые на схеме также не показаны).

РАЗМЕЩЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И МАССИВНЫХ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Рассмотрим сначала размещение лесных полос разного назначения. *Ветроломные лесные полосы.* На территориях с плоским и расчлененным рельефом на первый план выступают разные задачи.

24. На равнинах с плоским рельефом ветроломные полосы составляют важнейшую и количественно преобладающую часть сети. Их дополняют только насаждения в редких балках и долинах и илофильтры в ложбинах. Что касается полос, насаждаемых вдоль дорог и вокруг прудов, то они также являются разновидностью ветроломных. В таких районах размещение лесных полос полностью подчиняется задачам борьбы с суховеями, пыльными бурями и сдуванием с полей снега. Чем более расчленен и холмист рельеф, тем большую роль играет борьба за сбережение влаги путем поглощения стока. В строении сети защитных насаждений таких районов значительное место занимают водопоглощающие лесные полосы. Размещение полос исключительно по принципу борьбы с ветром сохраняется

только на наиболее плоских участках, на склонах же сеть строится на основе компромисса между требованиями борьбы с ветром и со стоком.

В сильно расчлененных районах основная задача – борьба с эрозией. Областью применения чисто ветроломных полос остаются только плоские водоразделы и наиболее широкие террасы, причем они редко бывают настолько широки, чтобы сеть полос на них могла получить характерную форму правильных прямоугольных клеток. Чаще она сводится к одной водораздельной полосе с отходящими от нее ответвлениями поперечных полос. Размещение же всех других продольных полос подчиняется задачам борьбы с эрозией.

25. В равнинных районах сухих степей и полупустынь, где освоенные земледелием участки вкраплены в массивы непахотопригодных или просто еще не распаханных земель, ветроломные лесные полосы, как правило, проектируются только на освоенных участках и по их границам (в падинах, на незасоленных поймах, разливах и т.п.). При продвижении земледелия на новые территории, одновременно с подъемом целины и нарезкой полей закладывается и сеть лесных полос.

В засушливых районах ветроломные полосы могут принести большую пользу и естественным кормовым угодьям. Однако проектировать лесные полосы среди этих угодий целесообразно только там, где лесорастительные (главным образом почвенные) условия позволяют выращивать древесно-кустарниковые породы и где есть постоянное население, которое может обеспечить высококачественный уход за ними.

26. На неорошаемых пахотных землях колхозов ветроломные полосы размещаются, как правило, по границам землепользований, пахотных угодий, севооборотных массивов, полей севооборотов и бригадных участков. Это, однако, не значит, что все эти полеводческие единицы должны обязательно обсаживаться по границам лесными полосами.

В тех случаях, когда наименьшие территориальные полеводческие единицы (поля севооборотов в бригадных севооборотах и бригадные участки в общих севооборотах) больше, чем площадь межполосных клеток, обеспечивающая действенную защиту посевов от вредных (метелевых и суховейных) ветров (п. 13), и по организационным соображениям их нельзя уменьшить, лесные полосы могут создаваться и внутри их, однако с обязательным соблюдением двух условий: 1) эти полосы должны быть параллельны длинной стороне поля и 2) они должны оставлять с каждой стороны клетку, имеющую ширину не меньше ширины нормальной пахотной загонки и, во всяком случае, не меньше 100 м.

27. При выборе направления ветроломных лесных полос следует стремиться располагать их перпендикулярно направлению господствующих метелевых и суховейных ветров. Однако преобладание вредных ветров двух противоположных румбов (которые одинаково взаимодействуют с лесными полосами) не везде ясно выражено.

28. Наиболее сильное ветроломное действие оказывает сеть лесных полос, состоящая из замкнутых клеток. Такая сеть ослабляет действие ветра, дующего в любом направлении.

Форма клеток на дальность ветроломного действия лесных полос существенно не влияет, но она важна с точки зрения удобства работы сельскохозяйственных машин. Наиболее выгодна прямоугольная форма, за

ней следует квадратная (при больших клетках), затем – форма параллелограмма, трапецеидальная и, наконец, многоугольная и треугольная. Если основное требование – параллельность длинных сторон клетки – выдержано, то ограничение торцовых сторон ломаной или даже кривой линией не вызывает больших неудобств при обработке.

29. Наиболее выгодный размер межполосных клеток определен выше в пунктах 13 и 14. Однако на практике его не всегда удается выдержать. Например, может оказаться, что по табл. 4 для данной местности могут быть рекомендованы клетки площадью около 63 га. В то же время соотношение пахотной площади в колхозе, числа бригад и длительности ротации таково, что бригадный участок не может быть принят меньше 100 га. Увеличение площади клетки сравнительно с наиболее выгодной допустимо в пределах до 10, в крайнем случае до 20%. Но когда оно, как в нашем примере, выходит за эти пределы, необходимо площадь клетки, наоборот, уменьшить, сократив ее до половины площади бригадного участка, в данном случае до 50 га, отведя для каждого бригадного участка по две межполосные клетки.

30. В районах, страдающих от суховеев и пыльных бурь, высокие и устойчивые урожаи могут быть достигнуты путем создания маневренных машин и тракторов разной мощности, которые могут успешно работать на межполосных клетках такой величины, которая обеспечивает их надежное мелиоративное действие. Однако до получения МТС и совхозами достаточного количества таких машин создание сети лесных полос необходимой густоты может вызвать некоторые затруднения при обработке полей, особенно при поперечных операциях, которые следует сводить к минимуму, но их не везде можно полностью избежать. В связи с этим работы по созданию сети лесных полос могут быть проведены в две очереди. Сначала создается сеть лесных полос, например, с вдвое более широкими клетками, чем предусмотрено в проекте. Она будет оказывать влияние на повышение урожая на части посевной площади (с коэффициентом эффективности около 0,6). После получения необходимых машин будут выполнены работы второй очереди – созданы все пропущенные полосы.

31. При проектировании ветроломных лесных полос, проходящих вдоль водораздела, в лесостепной зоне, где почвы часто уходят под снег сильно увлажненными, а снега выпадает много, они должны создаваться только на широких и плоских водоразделах. На узких и выпуклых водоразделах лесные полосы могут принести больше вреда, чем пользы, так как они собирают много снега, но не могут поглотить талые воды; последние, растекаясь в обе стороны, вызывают эрозию. При отсутствии водораздельных полос защита от ветра полей, лежащих на водоразделах, может быть обеспечена двумя водопоглощающими полосами, проходящими параллельно водоразделу на расстоянии от него в 200–250 м в каждую сторону.

В степной зоне водораздельные полосы всегда полезны.

32. При отсутствии препятствий, создаваемых рельефом, поперечные лесные полосы размещаются перпендикулярно продольным. Однако если ту или иную поперечную полосу можно совместить с ложбиной, пересекающей продольные полосы, то лучше отступить от перпендикулярного направления и разместить лесную полосу вдоль ложбины с одной или с двух ее сторон.

33. Поперечные лесные полосы, идущие вдоль склона, зимой собирают снежные шлейфы. Обильный весенний сток с этих шлейфов направляется по одной линии вдоль опушки лесной полосы и может вызвать смыв и размыв почв. Рассеять этот сток или направить его в лесную полосу тем труднее, чем круче склон. Поэтому поперечные лесные полосы, идущие вдоль склона, не должны проектироваться на почвах I–III классов по водопроницаемости при уклонах более 1,5–2°, на почвах IV–V классов – при уклонах более 2,5–3°. Это правило относится и к лесным полосам, создаваемым по границам землепользований.

34. Когда граница землепользований оказывается удобным местом для создания ветроломной лесной полосы, последняя проектируется на территории того землепользования, в сторону которого дуют преобладающие метелевые и суховейные ветры. В тех районах, в которых их господствующее направление не выражено, лесные полосы (если они вообще здесь полезны) создаются вдоль южных и восточных границ каждого землепользования.

35. Лесные полосы вдоль дорог имеют целью задержать в полосе отчуждения снег, перевеваемый метелями, не допустить его отложения на полотне дороги. Чтобы придорожная полоса достигала этой цели, необходимо между ней и полотном дороги оставлять залуженный промежуток шириной не меньше 15–20 м. Поэтому создание лесных полос целесообразно лишь вдоль дорог, имеющих широкую полосу отчуждения. Сами придорожные полосы при плотной конструкции могут быть очень узкими – 7–10 м.

36. Полевые дороги прокладываются вдоль ветроломных полос со стороны господствующих метелевых ветров, чтобы снег в основном отлагался не на них, а с противоположной стороны лесной полосы. Если преобладающее направление метелевых ветров плохо выражено, дороги прокладываются с южной или наиболее солнечной стороны лесных полос, чтобы после снеготаяния или дождей они быстрее просыхали.

37. В местах пересечения дорог с лесными полосами в последних оставляются разрывы такой ширины, чтобы через них мог пройти наиболее широкий тракторный агрегат. Если на полях расположены кормовые севообороты и на них в определенные годы должен выпасаться скот, в лесных полосах со стороны, удобной для прохода скота, оставляются скотопрогоны, достаточно широкие, чтобы скот не стремился проходить через лесную полосу.

38. Лесные полосы по берегам прудов и водохранилищ создаются, если берег низкий, шириной 10–15 м. Они начинаются от уреза высоких вод, а если состоят из пород, выносливых к затоплению, то от уреза низких вод (при небольших колебаниях уровня). Если берега пруда круты, лесная полоса должна иметь большую ширину, порядка 20 м, чтобы подниматься на бровку и обеспечивать более сильную защиту водоема от ветра.

Водопоглощающие и противоэрозионные лесные полосы. Размещение лесных полос этого назначения – наиболее трудная часть проектирования сети защитных насаждений.

39. Работу в расчлененных местностях осложняют неправильная форма земельных угодий и кривизна их поверхности, трудность размещения в этих условиях равновеликих полей и сравнительно жесткие требования к расположению и размерам лесных полос, без соблюдения которых они не могут хорошо выполнять свои функции.

Успешное размещение лесных полос зависит прежде всего от правильного подхода к внутрихозяйственному землеустройству. Если принятое соотношение угодий (и, следовательно, отраслей хозяйства) соответствует природным условиям землепользования, если угодья и севообороты размещены по территории с тщательным учетом особенностей каждого участка и, наконец, если площадь полей и бригадных участков выбрана не шаблонно, а в зависимости от естественных размеров и формы межбалочных массивов, трудности в размещении полос всегда оказываются преодолимыми.

40. К водопоглощающим относятся все полезащитные лесные полосы, расположенные внутри водораздельных пространств и пересекающие линии стока. Если же водопоглощающая лесная полоса расположена среди смытых или размытых полей или даже если эрозия наблюдается только на прилегающей к ней снизу межполосной клетке, такая лесная полоса рассматривается как противоэрозионная.

Все водопоглощающие полосы наравне с выполнением своих основных задач оказывают на прилегающие поля ветроломное действие. В зависимости от типа климата оно может быть более или менее существенным для повышения урожая. При проектировании сети разница между простыми водопоглощающими и противоэрозионными лесными полосами заключается в том, что расстояние между первыми определяется расчетом на ветроломное действие (п. 13) и только их ширина – по водопоглощению ливневого (пункты 4–5) или весеннего (пункты 9–10) стока; расстояние между противоэрозионными полосами определяется по фактическому развитию смытости или размоин (пункты 17–19), ширина их – тем же способом, что и водопоглощающих полос.

41. Во вновь осваиваемых или недавно освоенных районах с расчлененным или холмистым рельефом отсутствие эрозии может создать впечатление, что местность ей не подвержена, и сеть лесных полос можно создавать как чисто ветроломную, без учета направления линий стока и без расчета ширины лесных полос на водопоглощение. Однако такое впечатление может быть ошибочным. Поэтому в районах нового освоения, если они обладают рельефом, сходным с рельефом старопахотных районов, подвергающихся эрозии, лесные полосы должны проектироваться как водопоглощающие и закладываться одновременно с подъемом целины.

42. Водопоглощающие и противоэрозионные полосы должны закладываться вдоль тех же юридических и хозяйственных границ, как и ветроломные (п. 26), если эти границы по своему положению в рельефе могут служить для перехватывания линий стока.

43. Если граница между землепользованиями проходит приблизительно поперек склона и на ней целесообразно создать водопоглощающую лесную полосу, она создается на территории того землепользования, которое ей предстоит защищать, т.е. лежащего ниже по склону.

44. Если граница между землепользованиями по своему положению в рельефе и направлению подходит для создания вдоль нее лесной полосы, но параллельно ей на расстоянии, обеспечивающем противоэрозионное и ветроломное действие, проходит опушка леса, создавать лесную полосу не обязательно. Однако надо следить, чтобы между лесом и следующей лесной полосой, лежащей по другую сторону границы, расстояние не превышало установленного по расчету.

45. Наиболее удобные формы клеток, образуемых водопоглощающими полосами, соответствуют перечисленным в п. 28. На крутых участках склонов, где продольные полосы сближаются, а поперечные противопоказаны, межполосные пространства могут иметь форму длинных коридоров, замыкающихся только там, где они упираются в боковые отвершки балок или в овраги, обведенные прибровочными полосами.

Понятие поперечных полос в сильно расчлененных районах вообще теряет свой отчетливый смысл, так как здесь одна и та же полоса сплошь и рядом бывает продольной по отношению к полю, прилегающему к ней с одной стороны, и поперечной по отношению к полю, прилегающему с другой стороны.

46. Расстояние между продольными водопоглощающими полосами задается расчетом, приведенным в пунктах 16–19; расстояние между поперечными полосами определяется с учетом ветроломного действия и удобства работы машин согласно п. 14.

Размещая поля на том или ином межбалочном массиве, землеустроитель не может придавать им площадь, допускаемую размером именно этого массива. Он должен помнить, что ему предстоит нарезать число приблизительно равновеликих полей, равное числу лет ротации. При этом число полей, разбросанных на нескольких участках и разделенных балками, должно быть сведено до минимума. Ничто так не затрудняет механизированную обработку полей, как топографическая чересполосица. Поэтому выбирать длину полей следует по возможности таким образом, чтобы на наименьшем межбалочном массиве помещалось не меньше одного целого поля.

47. Правильному размещению водопоглощающих лесных полос сильно препятствуют существующие жесткие нормы на допустимые максимальные отклонения от равновеликости полей. Допустимые отклонения там, где они необходимы, могут быть увеличены для полевых севооборотов до 25%, а для почвозащитных – до 50%. Это позволит сильно улучшить размещение и увеличить действенность лесных полос.

48. Межбалочные массивы обычно повышаются к главным междуречным водоразделам. Поэтому горизонтали идут не параллельно балочным бровкам, а под острым углом к ним. Если лесные полосы располагать точно вдоль горизонталей, они будут наискось пересекать межбалочные массивы, а около бровок будут оставаться неудобные для обработки клиновидные участки полей. Поэтому лесные полосы лучше размещать параллельно бровкам, мирясь с тем, что в этом случае они располагаются под небольшим углом к горизонталям. Все продольные лесные полосы, размещенные на одном склоне, одна над другой, должны быть по возможности прямыми и параллельными друг другу на протяжении целого поля.

49. Когда межбалочный массив круто понижается к главной балке, от расположения лесных полос параллельно бровкам приходится отказываться. В этом случае наиболее выгодно расположение "елочкой". При таком расположении не только создаются наилучшие условия для водозадержания в бороздах и лесных полосах, так как и те и другие оказываются направленными поперек склона, но и достигается наибольшая экономия горючего, поскольку тракторы не преодолевают подъемы на рабочем ходу.

50. Может возникнуть сомнение, как расположить лесные полосы, если расстояние от водораздела до верхней границы среднесмытых почв больше,

чем наиболее выгодная ширина клетки, получаемая при данном типе климата из расчета на ветроломное действие. В этом случае надо пойти на ее превышение, если оно может быть ограничено 10–20%. Например, при наивыгоднейшей ширине клетки в 450 м в случае необходимости можно отодвинуть первую противоэрозионную полосу от водораздельной на 550 м. Если расстояние до границы среднесмытых почв еще больше, например 600–700 м, можно первую противоэрозионную полосу оставить в 550 м от водораздела с тем, чтобы среднесмытые почвы начинались не у самой лесной полосы, а в 50–150 м ниже нее. Наконец, если расстояние от водораздела до границы смытости приближается к двойной наиболее выгодной ширине клетки, например равно 800 м, противоэрозионную полосу надо расположить на ее законном месте, а между ней и водораздельной полосой разместить еще водопоглощающую полосу. В этом случае межполосные расстояния будут несколько меньше наиболее выгодных – по 380–390 м (учитывая ширину самой водопоглощающей полосы).

51. На склонах разного профиля расположение водопоглощающих и противоэрозионных лесных полос должно быть различным. Размещение их тесно связано с размещением севооборотов, поскольку одну из противоэрозионных полос, лучше всего верхнюю, целесообразно предусматривать по границе между полевым и почвозащитным севооборотами (если последний на данном склоне вообще выделяется).

На выпуклых и близких к прямым склонах почвозащитные севообороты занимают присетевую часть. По их верхней границе проходит одна из противоэрозионных лесных полос, остальные делят их на части. Выше противоэрозионной полосы могут размещаться водопоглощающие полосы.

На вогнутых склонах эрозия может совсем отсутствовать или там может быть один или два пояса эрозии. В последнем случае каждый пояс должен быть защищен лесной полосой. Верхний пояс может быть защищен также вершинным насаждением. Кроме того, для задержания наносов одна лесная полоса должна располагаться в верхней части области аккумуляции.

На террасированных склонах бывают эродированы или только уступы террас (если они распахивались), или, в более трудных случаях, также нижняя часть водораздельного пространства и самих террас. Уступы при крутизне более 6–8° должны отводиться под залужение или облесение. На более пологих эродированных участках, если они достаточно широки, должны размещаться почвозащитные севообороты. Выше каждого из них, а иногда и внутри них, следует размещать противоэрозионные полосы. У подножия уступов должны размещаться лесные полосы, задерживающие наносы. Положение всех лесных полос, которые не приурочены к четко выраженным перегибам рельефа, определяется расчетом.

52. На крутых надбровочных склонах (3–8°) пахота поперек склона не является достаточным средством для водозадержания. Если к тому же рельеф сложный и склоны имеют двойную кривизну, лесным полосам трудно справиться с поглощением стока. В этом случае важным мероприятием является переход на ленточное (контурное) земледелие, при котором узкие поля граничат друг с другом точно по горизонталям, причем чередуются поля культур сплошного сева, пропашных и многолетних или однолетних трав.

Ленточное земледелие может успешно сочетаться с защитным лесораз-

ведением, причем в этом случае лесные полосы играют в чередовании культур роль четвертых лент. При ленточном земледелии они также идут строго вдоль горизонталей и имеют более или менее извилистую форму. Ввиду того что ленты узки (20–50 м), полосы располагаются близко друг к другу и также могут быть узкими (10–20 м).

53. В лесополосной зоне, кроме байрачных лесов, на водоразделах и склонах встречаются островные леса. Площадь лесов в этой зоне сокращалась в течение нескольких веков и продолжает сокращаться. Поэтому остатки лесов, как бы они ни были расположены, должны при землеустройстве тщательно сохраняться.

Прибровочные насаждения. Рассмотрим сначала размещение приложбинных лесных полос.

54. Ложбины, собирающие воду с полей и подводящие ее к оврагам и балкам, не должны распахиваться. Травяной покров на днище и склонах ложбин препятствует возникновению в них активных размывов. Некоторые ложбины должны подвергаться облесению. Это: 1) ложбины со значительным боковым водосбором, в днище которых уже возникли вымоины, промоины или овраги; 2) ложбины (хотя бы и не страдающие от размыва), с которыми совмещены торцевые (короткие) стороны полей.

55. Вдоль ложбин первого типа противоэрозионные лесные полосы создаются с обеих сторон. Они размещаются в верхней части их склонов, там, где уклон к тальвегу ложбины уже ясно выражен. Однако они не должны подходить вплотную к размыву, если последний имеет обвальные стенки и может еще расширяться.

Приложбинные лесные полосы имеют своей главной задачей отрезать ложбину от ее боковых водосборов и тем сократить сток, питающий размывы. Оставлять ложбину необлесенной ради удлинения тракторных гонов нерасчетливо, так как размыв, раз возникнув в низовьях ложбины, не остановится, пока не пройдет ее всю, и поле все равно будет разрезано.

56. Вниз по ложбине приложбинные полосы могут продолжаться до самой балки, если продольный уклон их не слишком крут. Они, однако, должны обрываться, не доходя до прибалочной полосы на расстояние, необходимое для разворота тракторного агрегата.

Там, где продольный уклон вдоль приложбинной лесной полосы достигает 1,5–2° на почвах I–III классов или 2,5–3° на почвах IV–V классов по водопроницаемости, полосу следует обрывать. Недопустимо переводить приложбинную полосу (являющуюся в то же время приовражной, если по ложбине проходит овраг) в прибалочную путем загиба. При таком размещении борозды, образующиеся в результате культивации междурядий лесной полосы, а также приопушечные сугробы превращаются в водосборные канавы и валы, собирающие сток со всего водосбора и подводящие его сосредоточенными потоками к наиболее низкой точке прибалочной полосы, где он прорывается в балку, вызывая новые размывы.

57. Приложбинные полосы второго типа создаются с одной стороны ложбины. Поскольку размыва в ложбине не наблюдается, они в основном выполняют функции ветроломных, в соответствии с чем определяется и их ширина. Если в районе проекта преобладание метелевых ветров одного направления четко выражено, приложбинные ветроломные полосы, являющиеся в то же время поперечными полосами прилегающих к ложбине меж-

полосных клеток (п. 32), создаются с заветренной стороны ложбины, с тем чтобы снежный шлейф отлагался не в ложбине, а в основном на прилегающем поле.

58. Бóльшая часть склоновых оврагов, разъедающих водораздельные пространства, начинает свой рост на балочных склонах в результате сброса на них вод склонового стока с пашни, лежащей выше бровок. Поэтому прибалочные лесные полосы[6] имеют большое профилактическое значение. Они являются последней преградой, в которой может поглотиться или распылиться сток, прорвавшийся к бровке.

Возможны следующие стадии эродированности балочных склонов и соответствующие им меры по борьбе с эрозией.

А: Склон облесен, выше бровки размоины редки, на балочном склоне размывов нет. Прибалочная полоса не нужна.

Б. Склон облесен, но размыв на нем все-таки продолжается: выше бровки – густая сеть размоин. Прибалочная полоса, усиливающая действие балочного насаждения, нужна. Сильно размытую нижнюю часть присетевой части водораздельного склона следует отвести под почвозащитный севооборот.

В. Склон залужен, ниже бровки размоины редки, на балочном склоне размывов нет. Прибалочная полоса необязательна, хотя создание ее может принести пользу, так как улучшит условия увлажнения балочного склона и будет способствовать развитию на нем травостоя. Если в днище имеются активные донные размывы, прибалочная полоса обязательна даже при отсутствии эрозии на склоне.

Г. Склон задернован, но на нем наблюдаются активные размывы: выше бровки – густая сеть размоин. Необходимы прибалочная полоса и отвод присетевой части склона под почвозащитный севооборот. Иногда целесообразно облесить и сам балочный склон.

Д. Ниже бровки – густая сеть оврагов и промоин, выше – такая же сеть размоин. В связи с размоинами и смытостью почв присетевая часть склона непахотопригодна. Склон балки надо облесить, непахотопригодную часть надбровочного склона отвести под залужение; вдоль верхней границы залуженного участка следует предусмотреть противоэрозионную лесную полосу. Другим решением может явиться отвод всей непахотопригодной части надбровочного склона под сплошное облесение. Целесообразно также создание кольматирующих клеток (п. 60).

Е. Склоновые овраги пересекли бровку и углубились в водораздельное пространство. Однако между ними мелкие размывы отсутствуют и почва смыта несильно. Такое сочетание наблюдается везде, где овраги растут не в результате чрезмерно большого стока со всего склона, а в результате концентрации его по искусственным рубежам (межам, разъемным бороздам, дорогам). Использование междуовражных участков зависит исключительно от их величины.

Ж. Склоновые надбровочные овраги разрезают склон, как и в предыдущем случае, но, кроме того, в промежутках между ними с подбровочного склона наступают малые овраги и промоины, предшествующие раз-

---

[6] В дальнейшем тексте под прибалочными полосами понимаются также полосы, создаваемые вдоль бровок лощин и небольших речных долин.

моинам, угрожающие превратить всю присетевую часть склона в бросовые земли. В этом случае вся междуовражная полоса, как выше, так и ниже бровки, подлежит облесению. Только отдельные менее эродированные участки могут быть оставлены под почвозащитные севообороты, но выше их по склону должна проходить противоэрозионная, а ниже – прибалочная полоса.

59. Участки между надбровочными оврагами целесообразно присоединять к лежащим выше полям и обрабатывать вместе с ними лишь в тех случаях, когда они достаточно широки для обработки поперек склона и по степени смытости почвы не требуют применения иных севооборотов и иной агротехники, чем лежащие выше поля. В отдельных случаях их следует отделять лесной полосой от остального массива и обрабатывать приемами специальной противоэрозионной агротехники.

60. Кольматирующие клетки создаются на сильно или полностью смытых или сильно изрезанных размоинами присетевых участках надбровочных склонов с целью превращения непахотопригодных и вообще бесплодных земель в продуктивное естественное кормовое угодье.

Клетки образуются продольными и поперечными лесными полосами и имеют площадь примерно от 1 до 3 га. Клетка однократно обрабатывается навесными агрегатами и засевается многолетними травами. Лесные полосы, образующие клетки, могут быть очень узкими (1–3 ряда), но плотными. Верхняя продольная полоса может быть и широкой (согласно расчету на водопоглощение).

61. Во всех прибалочных полосах должны делаться разрывы для прогона скота с балочных пастбищ на поля, в которых согласно севообороту в отдельные годы должны произрастать многолетние или однолетние травы, используемые на выпас. Разрывы шириной не менее 40 м (в зависимости от численности стада) должны делаться против каждого поля. Для них выбирают места против более пологих и наименее эродированных участков балочных склонов.

62. Приовражные лесные полосы создаются вдоль надбровочных склоновых и вершинных оврагов. Вдоль подбровочных и донных оврагов лесные полосы не создаются; их облесение является частью работ по созданию массивных насаждений в балках.

Надбровочные овраги также не все нуждаются в защите приовражными полосами. Создание последних обязательно лишь в тех случаях, когда овраг проходит по дну ложбины и, следовательно, обладает значительным боковым водосбором. Приовражные полосы, идущие вдоль оврагов, вложенных в ложбины, являются одновременно приложбинными. Правила размещения их изложены выше в пунктах 55 и 56. Там же указана предельная крутизна главного склона, при которой эти лесные полосы можно создавать. Обычны случаи, когда овраг возникает по разъемной борозде, меже, канаве или дороге, проходящей наискось к склону. В этом случае возникший вдоль них овраг также проходит наискось к склону. Он имеет односторонний боковой водосбор и соответственно должен быть с одной стороны защищен приовражной лесной полосой.

63. Когда овраг не имеет бокового водосбора, приовражные полосы сохраняют только ветроломное значение. Они задерживают и отлагают у бровки снег, а затем переводят сток талых вод в грунтовый, увлажняя им

склоны оврага и способствуя их закреплению растительностью. У оврагов с осыпными склонами приовражные полосы создаются непосредственно вдоль бровки. У оврагов с обвальными склонами лесные полосы размещаются на некотором расстоянии от бровки с таким расчетом, чтобы после выполаживания и закрепления склонов они оказались около бровки.

64. Ветроломные полосы, создаваемые вдоль оврагов, не имеющих бокового водосбора, всегда являясь парными и расположенными близко друг от друга, могут иметь малую ширину – по 5–6 м каждая, если условия борьбы с травами в данной зоне не требуют увеличения их ширины.

65. Вдоль оврагов с оползневыми склонами создаются возможно более широкие лесные полосы из сильно испаряющих пород. Они отодвигаются от бровок вверх по склону, насколько позволяют условия размещения полей, с тем, чтобы поглощать сток возможно дальше от оползней. Для осушения грунта полезны также бескустарниковые посадки на уже опустившихся оползнях. Однако рассчитывать на механическое закрепление оползней их корнями не следует. Для прекращения оползания решающее значение имеет опять-таки задержание воды на всем водосборе. Если вынос сползающей земли паводковыми водами прекращается, оползни упираются в противоположный склон и процесс сам собой затухает.

66. Когда в результате водозадержания на полях и в лесных полосах донная и боковая эрозия в тальвеге оврага прекращаются, обвальные и оползневые склоны сами собой превращаются в осыпные и затем в закрепленные. Однако этот процесс может длиться годами и десятилетиями и до окончания его площадь оврага пропадает для хозяйства. Поэтому при наличии достаточных средств механизации склоны оврагов целесообразно сполаживать. Промежутки между бровкой и лесной полосой до сполаживания могут использоваться для сенокошения, но ни в коем случае не распахиваться. Вообще пахота вдоль оврагов должна производиться на расстоянии от бровки не меньшем, чем глубина оврага.

67. Звездообразно ветвящиеся овраги (такими чаще всего бывают вершинные) обводить отдельными лесными полосами нецелесообразно. Весь "узел кущения" следует закрыть массивным насаждением, оставив для обработки лишь наиболее крупные междуовражные участки, руководствуясь указаниями, приведенными в п. 59.

Отдельные склоновые промоины лесными полосами не обводятся. Если они расположены настолько часто, что обработка лежащих между ними участков невозможна, борьба с ними ведется путем сплошного облесения и перехвата питающего их стока.

Размещение массивных защитных лесонасаждений. Такие защитные насаждения создаются на непахотопригодных угодьях: в лощинах, балках, в оврагах и местами в речных долинах, на надбровочных сильно смытых и размытых залежах, на песчаных и каменистых холмах и узких водоразделах.

63. Земельный фонд, пригодный для массивных защитных насаждений делится на три части:

– абсолютный фонд, т.е. подлежащий безусловному облесению; к нему относятся склоны долин и балок с полностью смытыми почвами или настолько изрезанные оврагами, что они не пригодны даже для выпаса, скло

ны самих оврагов (кроме специально сположенных под залужение), каменистые вершины и т.п.;

– профилактический фонд, подлежащий облесению для предотвращения дальнейшего развития эрозии, хотя относящиеся к нему земли еще могут использоваться в качестве естественных кормовых угодий; к нему относятся склоны долин и балок, умеренно расчлененные склоновыми размывами, лощины и балки с активными донными размывами, сильно смытые или испещренные размоинами надбровочные склоны и т.п.;

– факультативный фонд, состоящий из слабоэродированных или неэродированных, но крутосклонных участков; развитие эрозии на участках этого фонда может быть предотвращено путем залужения, и вопрос о том, отвести ли данный участок под луг или под лес, решается путем сравнения потребности хозяйства в кормах и древесине.

При проектировании массивных насаждений, кроме мелиоративного, необходимо учитывать и их лесохозяйственное значение.

69. При облесении абсолютного фонда никакой правильной конфигурации насаждений и часто даже правильного расположения посадочных мест выдерживать не удается. Посадочные места размещаются где только можно, короткими рядами, группами и в одиночку, с учетом не только их мелиоративного действия, но и лесорастительных условий, т.е. возможности вырастить в данном месте дерево или кустарник.

70. К профилактическому фонду относятся наравне с другими и ложбинные насаждения. Они могут быть двух родов: 1) илофильтры, т.е. густые насаждения кустарников (обычно ивы) по дну ложбины среди вымоин и в вымоинах, выше головы растущего по ложбине оврага или промоины; 2) древесно-кустарниковые насаждения на уцелевшей части склонов ложбины, в той ее части, где уже прошел овраг или промоина.

71. При облесении лощин и балок следует стремиться возможно меньше дробить насаждения. Вся необлесенная часть гидрографической сети обычно используется под выпас в течение лета или по отаве. Поэтому лощины следует или полностью облесить, или оставлять необлесенными. Склоны балок можно делить на облесенную и необлесенную части по простиранию, но, как правило, облесение только верхней или только нижней части склона нецелесообразно.

72. Если на балочном склоне, отведенном под кормовые угодья, имеются немногочисленные подбровочные овраги, ради которых нет смысла производить облесение всего склона, их можно облесить отдельно, создав трапециеидальное насаждение. При такой форме насаждений талые воды не сбрасываются вдоль опушек, но затекают внутрь насаждения. Вследствие этого насаждения трапециеидальной формы можно безопасно размещать на крутых склонах.

Приведенный ниже график (рис. 13) позволяет определять ширину насаждения в его нижней части, $b_{ов}$ по длине балочного склона l_c для оврагов шириной около 20, 30, 40 и 50 м. Например, для оврага шириной 30 м, расположенного на балочном склоне длиной 120 м, должно быть создано насаждение шириной в нижней части 118 м. В верхней части (у бровки) насаждения всегда должны иметь ширину $b_{ов}$, равную наибольшей ширине оврага. Этот график построен из расчета на угол между опушкой и ли-

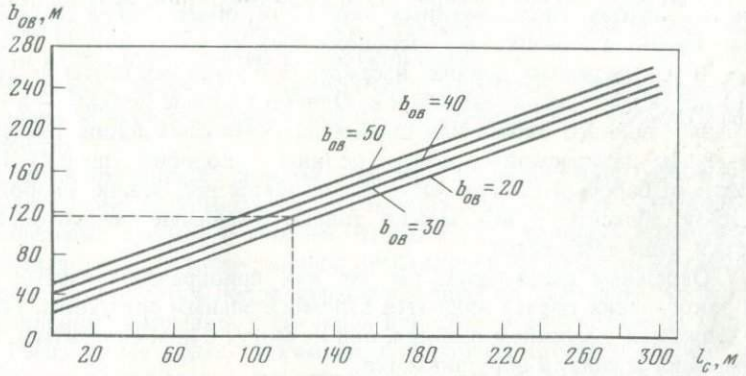


Рис. 13. Зависимость наибольшей ширины $в'_{ов}$ трапециеидального приовражного насаждения от длины балочного склона $l_с$ при различной ширине оврага $в_{ов}$

нией наибольшего уклона – η, равный 20°. Но если нет оснований экономить площадь под насаждением, лучше этот угол увеличить до 30–35°.

73. Обычно более всего нуждаются в облесении южные склоны, а также наветренные по отношению к метелевым ветрам, так как и те и другие в первую очередь подвергаются эрозии. В пределах Европейской части СССР южные склоны часто одновременно бывают наветренными. Осуществлять облесение таких эродированных склонов трудно, поскольку они обычно наиболее и сухи и круты и имеют наиболее смытые почвы. Поэтому для облесения южных и наветренных склонов следует использовать самые нетребовательные породы и сначала преимущественно кустарники.

На северных и заветренных склонах возникает своя трудность. Здесь молодые насаждения страдают от снеголома. Поэтому создавать их лучше после того, как прибалочные и противоэрозионные полосы подрастут и начнут задерживать снег, сметаемый в балку.

74. Существует мнение, что проводить облесение днищ балок для закрепления донных промоин не следует, чтобы не увеличивать накопление снега в балке. Это справедливо лишь в том случае, если бровки и склоны балки остаются голыми. Если же прибровочные полосы и насаждения на склонах перехватывают бóльшую часть переносимого метелями снега, опасаться вредного действия донных насаждений не приходится.

Насаждения вдоль донной промоины способствуют зарастанию ее склонов (если они не обвальные) в той же мере, как и лесные полосы вдоль склонового оврага. Однако днища балок обычно слишком узки для создания в них приовражных лесных полос. Речь может идти лишь о продолжении склоновых насаждений с одной или с обеих сторон до донной промоины (см. рис. 13, *Г, Ж, 3*).

75. При выделении под облесение участков факультативного фонда следует стремиться при прочих равных условиях выделять части балок, наиболее удаленные от хозяйственных центров и по возможности примыкающие к границам землепользования, под пастбища же оставлять части балок, ближайшие к хозяйственным центрам. При таком размещении выигрывает и скот, так как сокращаются перегоны на пастбища и водопои, и лес, так как скот не гоняют через него или вдоль него. При соблюдении этого пра-

вила в колхозах, расположенных около рек, облесенными окажутся верховья балок, а в колхозах, расположенных на водоразделах, – низовья.

76. В малых речных долинах насаждения на склонах ничем не отличаются от насаждений на склонах балок. Однако в днище долины – в пойме – не бывает донного оврага или промоины (хотя сама долина иногда имеет форму так называемой овражной долины – подобия ущелья). Пойма в отличие от балочного днища часто используется под пашню, огороды и т.п. Поэтому облесять в ней можно только отдельные непахотопригодные участки, чаще всего пески.

77. Овражные насаждения, так же как приовражные лесные полосы, при закреплении оврага являются вспомогательным средством. Если сток продолжается в прежнем размере, они не могут с ним справиться, так как подмываются снизу и обрушиваются.

Путем посадки деревьев, а особенно корнеотпрысковых кустарников, на уступах обвального оврага или на нижней части осыпи, еще периодически засыпаемой при условии одновременного уменьшения паводкового стока, можно замедлить сполаживание склонов и рост оврага в ширину. Однако такое закрепление приносит мало пользы: насаждение получается разреженным, растения – искривленными и хилыми, рельеф склонов – бугристым и ступенчатым. Овраг, хотя и закрепленный, продолжает оставаться бросовой землей. Правильнее после зарегулирования стока дождаться образования осыпных склонов до самых бровок или искусственно выположить их и засадить полноценными деревьями и кустарниками, дающими разнообразную лесную или садовую продукцию. Днище оврага, по которому еще проходят паводки, засаживается кустарниками, хорошо переносящими затопление (ива).

78. Лесомелиоративные мероприятия на оврагах в ряде случаев целесообразно совмещать с гидротехническими. Возможны два основных типа таких мероприятий.

В тех случаях, когда нельзя добиться полного поглощения стока на водосборе, а дальнейшее хотя бы и медленное попятное движение головы оврага угрожает разрушить строения, дороги, ценные сельскохозяйственные угодья и т.п., в ней создается закрепленный водосброс (бетонный, каменный, деревянный), позволяющий сбрасывать склоновый сток на дно оврага без дальнейшего разрушения откосов в его вершине и углубления котла вымывания. Однако это мероприятие не прекращает донной и боковой эрозии ниже по течению оврага.

В тех случаях, когда важно прекратить донную и боковую эрозию по всей длине оврага, в днище его создаются запруды, размещаемые с таким расчетом, чтобы подпор от одной из них простирался до следующей, лежащей выше. В этом случае овраг во время паводка превращается в лестницу прудков. Водобойные ямы под каждым перепадом по возможности должны быть армированы. Каскад запруд весьма полезен также в том отношении, что позади них отлагаются овражные наносы и лежащие ниже пруды и поймы защищаются от заиления.

Прекращение бокового размыва и задержание наносов с помощью запруд может быть достигнуто лишь на время. Через несколько лет прудки позади запруд заполнятся наносами и полезное действие запруд прекратится. Система запруд является средством выиграть время для зарегулирова-

ния стока на водосборе. Обычно для его зарегулирования требуется изменение землеустройства и агротехники, а также создание сети лесных полос; все это не может быть сделано в короткий срок.

79. Массивные насаждения на смытых и размытых надбровочных склонах создаются в разрушенной эрозией присетевой части водораздельного пространства.

На терасированных склонах массивные насаждения размещаются преимущественно на уступах террас, на вогнутых склонах – на вершинах водораздельных холмов и гребней. Чтобы сток с вершинных насаждений не размывал лежащие ниже склоны, необходимо эти насаждения окружить достаточно густой сетью полос, ограничивающей их снегосбор. Кроме того, они не должны покрывать одну лишь вершину, а спускаться до уклонов 6–8°. Тогда талые воды, стекающие с наиболее крутой и обычно каменистой части насаждения, будут поглощаться в его же более пологой низкой части.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА

80. Ни в коем случае не следует надеяться, что сеть защитных лесных насаждений, сколь бы густой она ни была, сама по себе в состоянии обеспечить поглощение стока и прекращение эрозии. Кроме правильной организации территории и приведения специализации хозяйства и соотношения его отраслей в соответствие с природными условиями, важнейшей частью комплекса противоэрозионных работ является техническое мероприятие – преобразование микрорельефа.

Преобразованием микрорельефа преследуются три цели: добиться поглощения возможно большей части выпадающих осадков на пашне, т.е. там, где вода более всего нужна, 2) устранить очаги возникновения эрозии и 3) включить всю площадь лесных полос в работу поглощения той части стока, которую не удалось задержать на пашне.

81. Изыскивать способы задержания и распыления стока следует после уничтожения неизбежно возникающих на пашне разъемных и отпашных борозд, словно нарочно предназначенных для отвода воды с поля и концентрации ее в разрушительные потоки. Вред от разъемных и отпашных борозд тем больше, чем сильнее их направление отклоняется от горизонтального. При значительном отклонении сток идет не только по ним, но и по рядовым пахотным бороздам. Поэтому обязательным и простейшим приемом преобразования микрорельефа является пахота поперек склона.

82. При загонной пахоте концы поля опахиваются поворотными полосами. Если пахота ведется поперек склона, поворотные полосы оказываются вытянутыми вдоль склона и сток идет по ограничивающим их отпашным бороздам. Поэтому на полях со значительным уклоном поворотных полос надо по возможности избегать. Поворотные борозды, особенно петлевые (так называемые балалайки), образующиеся при развороте за краем поля на рабочем ходу, а также выездные борозды, образующиеся в тех случаях, когда тракторист, кончив работу, пересекает поле, перепахивая его наискось, являются весьма распространенными и активнейшими очагами эрозии.

83. На малых полях в районах с расчлененным рельефом пахать поперек склона можно только очень короткими гонами, так как поля в этом направлении постоянно прерываются склоновыми оврагами и промоинами.

Поэтому в настоящее время такие участки, как правило, пашутся вдоль склона или запрещенной фигурной пахотой, оставляющей огрехи. Возникновение очагов эрозии и порча земли могут быть предотвращены путем перехода на челночную пахоту. Челночные тракторы пашут без разворотов то передним, то задним ходом, причем плуги по очереди выводятся в нерабочее положение. Поэтому челночные агрегаты могут работать без потерь на сколько угодно коротких гонах, не делают разъемных и отпашных борозд, не требуют поворотных полос, легко вписываются в кривые и не требуют параллельности сторон поля. Все эродированные и эрозионно опасные поля должны быть переведены на челночную пахоту, которая может стать одним из главных средств прекращения эрозии.

84. Действие пахоты поперек склона можно намного усилить правильной агротехникой, увеличивающей водопроницаемость почв. При их высокой водопроницаемости вода, собравшаяся в бороздах, даже при наличии небольшого продольного уклона впитывается, не успев стечь.

85. Одна из форм преобразования микрорельефа – это создание на снегу водозадерживающих преград путем напахивания снежных валиков рифжерными снегопахами, полосного укатывания снега и полосного посыпания его черным порошком (землей, золой, торфом и др.). Все эти приемы направлены на то, чтобы вызвать неравномерное таяние снега весной. Проходящие поперек склона полосы, в которых снег был уплотнен или собран в валы, тают в последнюю очередь. Когда снег на остальном поле начинает таять, они превращаются в плотинки, задерживающие сток, пока он не впитывается в ранее очистившиеся междурядные проталины.

86. Наиболее надежные способы водозадержания заключаются в создании на пути стока преград из самой почвы. Эти способы можно разделить на три группы: 1) гребневание – напашка сезонных гребней, лежащих выше поверхности почвы и играющих роль маленьких дамб, поддерживающих воду в подпертом состоянии; 2) бороздование – напашка сезонных канав или ямок, в которых собирается вода, удерживаемая в этом случае уже не насыпным гребнем, а всей массой земли; 3) валование – создание долговременных уплотненных валов, поддерживающих воду в подпертом состоянии (отчасти она задерживается в канавах, из которых взята земля), не разрушаемых при выполнении земледельческих операций.

87. Гребневание применимо на безложбинных полях, имеющих уклон только в одну сторону. Гребни должны проходить точно вдоль горизонталей. Задержание воды на подпоре, поддерживаемом земляными гребнями, неизбежно низкими, неровными и неуплотненными, не является надежным. Гребни часто прорываются, причем прорыв одного вызывает прорыв всех лежащих ниже. Гребневание выполняется путем специальной напашки гребней по зяби однолемешным плугом или одновременно с зяблевой пахотой путем удлинения одного отвала многолемешного плуга.

88. Более надежен и универсален метод прерывистого бороздования, при котором поле с помощью автоматически погружающегося и выглубляющегося плуга или окучника покрывается сетью коротких борозд. Задержанная вода не может течь вдоль борозды и прорвать подпорную стенку, так как вся вмещается в канавке, лежащей ниже поверхности почвы. Поэтому прерывистое бороздование можно применять на полях со сложным рельефом, не придерживаясь точно направления горизонталей.

Таблица 5

Слой воды, поглощаемый и задерживаемый прерывистыми бороздами к концу снеготаяния, мм

Расстояние между рядами борозд, м	Класс почв по водопроницаемости				
	I	II	III	IV	V
10	7	9	11	18	29
8	9	11	14	23	39
6	12	14	19	31	51
4	17	21	28	45	75
3	23	29	37	62	102
2	34	43	57	91	151
1,5	46	58	76	122	202
1	69	86	112	183	294

Прерывистое бороздование зяби и черного пара – более сильное средство, чем поперечная пахота, и может применяться также на уклонах 4–8°, на которых поперечная пахота уже не может удерживать воду. Прерывистое бороздование проводится возможно позже – перед уходом почвы под снег.

Бугристый рельеф, создаваемый короткими бороздами и валиками, служит одновременно средством снегозадержания. Весной борозды и валики заравниваются дорожным треугольником или бороной.

89. Регулируя расстояние между рядами прерывистых борозд, можно задержать больше или меньше талых вод. Расстояние не должно быть меньше, чем необходимо для задержания среднего многолетнего стока (табл. 5).

Табл. 5 составлена в расчете на следующие размеры прерывистых борозд: глубина – 25 см, ширина по верху – 35, по дну – 25, длина по верху – 6, по дну – 4 см, промежутки между бороздами – 1 м. Конструкция таких бороздователей должна допускать регулирование длины борозд.

90. Создание ячеистого микрорельефа с помощью прерывистых бороздователей не может быть применено на полях озимых и многолетних трав для задержания весеннего стока, а также на полях любых культур летом для задержания ливневого стока. В этих случаях естественное задержание стока пашней может быть увеличено путем перекрестного или бороздкового сева, перекрестного боронования, послепосевного прикатывания почвы кольчатыми катками. Подлежат испытанию также такие методы, как прикатывание фигурными катками (отпечатывающими в почве пологие углубления) и кротование поперек склона.

91. Наибольшую опасность развития эрозии создают пропашные культуры, особенно когда борозды напахиваются вдоль склона или под большим углом к нему. Сток и размыв по пропашным бороздам могут быть полностью прекращены с помощью перемычкоделателя Алиева – приспособления к окучнику, образующего в бороздах одновременно с их напашкой плотные поперечные перемычки. На полях с уклонами свыше 3–4° (в зависимости от водопроницаемости почв) пропашные культуры высевать не рекомендуется.

92. Постоянные водозадерживающие валы делятся по назначению на водопоглотительные и водоотводные.

Водопоглотительные валы предназначены для задержания и поглощения всего стока. Системы этих валов создаются преимущественно в засушливых районах и на пологих склонах гор. Земледелие, основанное на задержании стока водопоглотительными валами, называется земледелием с лиманным орошением. В этом случае лесные полосы теряют свое водопоглощающее значение, однако ряды деревьев часто высаживаются на валах ради их укрепления, уменьшения испарения воды в лиманах и защиты полей от суховеев. В эродированных районах водопоглотительные валы могут применяться на наиболее крутых склонах, нуждающихся в сильной защите. Валы нарезаются по горизонталям и сочетаются с ленточным земледелием, значительно усиливая его действенность.

Устройство водопоглотительных валов целесообразно при интенсивном хозяйстве, окупающем расходы по их сооружению, и лишь на значительных уклонах – более 1,5–3° – в тех районах, где главная причина эрозии ливни, и более 3–6° – в тех, где такой причиной являются талые воды.

Водоотводные валы предназначены для замедления стока и безопасного отвода его излишков к армированным или задернованным водосбросам. Они создаются: 1) выше вершины оврагов, где они служат для отвода питающих овраг потоков в тех случаях, когда весь сток не удается поглотить на поле; 2) в ложбинах, пересекающих межполосные клетки, где они служат для рассеяния стока, поступающего к лесным полосам; 3) на наклонных полях в эродированных районах зоны избыточного увлажнения, где задержание всего стока и затруднительно, и нежелательно.

93. По своей конструкции валы делятся на крутосклонные с крутой и глубокой канавой, из которой взята для них земля, и пологие с пологой канавой.

Площадь крутосклонных валов изымается из пашни, но они могут быть использованы для посадки плодовых или защитных деревьев и ягодниковых кустарников. Пахота производится по контурам, заключенным между валами. В этом случае челночная пахота также обладает большим преимуществом, так как валы, идущие вдоль горизонталей, как правило, непараллельны друг другу.

Пологие валы и канавы могут перепахиваться и входить в состав поля. В этом случае получается выигрыш пахотной площади. Однако этот способ нельзя признать удачным, так как при механизированной обработке постоянные переезды через валы и канавы, хотя бы и пологие, сильно ускоряют износ машин и снижают качество работы. Если же пологие валы не запахиваются, а обработка ведется только между ними, они менее выгодны, чем крутосклонные валы, так как при той же высоте занимают больше места.

94. Наиболее совершенной формой преобразования рельефа склонов является их террасирование. В то же время этот прием наиболее дорогой. Он окупается только в том случае, когда склон слишком крут для работы машин и когда террасы можно использовать для ценных культур.

В настоящее время применяются механизированные способы террасирования склонов. Когда крутизна склона (примерно до 8–10°) допускает поперечное движение мощного трактора, на нем встречными ходами плантажного плуга напахивается вал, площадка же террасы выше него разравнивается грейдером. На более крутых склонах террасирование ведется

террасером бульдозерного типа. Террасер делает террасу впереди себя и по ней продвигается вперед.

95. Важной задачей преобразования микрорельефа является рассеяние стока на межполосных клетках для равномерного подвода его к водопоглощающей полосе во всех ее точках. Для обеспечения свободной циркуляции стока от одной лесной полосы до другой разъемные борозды должны делиться перемычками на отсеки. Такие перемычки, сколь угодно частые, сделать очень легко, пройдя один раз по каждой разъемной борозде перемычкоделателем.

96. Для прекращения стока по размоинам и ложбинам можно рекомендовать осенью перед уходом поля под снег сделать вдоль него несколько заходов легким грейдером или бульдозером с косой лопатой, которая опускается перед каждой размоиной и делает на ней запруду, весной задерживающую талые воды. В ложбинах, собирающих гораздо больше стока, чем размоины, необходимо устраивать постоянные стокорассеиватели. Водоотводные валы, крутые в пределах нераспахиваемой ложбины, выполаживаются для пропуска тракторных агрегатов там, где они заходят на пашню. Последний стокорассеиватель устраивается перед самой лесной полосой.

Одной из наиболее ответственных работ по обеспечению рассеяния стока является уход за верхними опушками водопоглощающих лесных полос. Опушка должна правильно оформляться и требует постоянного наблюдения. Малейшая небрежность в этом деле приводит к тому, что лесная полоса полностью выключается из работы поглощения стока и начинает способствовать его концентрации, приводящей к усилению эрозии.

97. Вокруг лесной полосы следует оставлять задернованную полосу шириной 3–5 м, считая от стволов первого ряда деревьев (ширина нависающих крон), на которую и поступает сток с поля. Опахивать бороздой или окапывать непрерывной канавой водопоглощающую лесную полосу с целью защиты ее от пожаров и вредителей совершенно недопустимо. С этой целью на дерновой полосе может пропахиваться дорожка шириной 1–1,5 м, которая затем выравнивается заподлицо с дерновиной и поддерживается в чистом виде. Борьба с вредителями должна вестись химическими средствами.

98. Недопустимо прокладывать вдоль верхних опушек водопоглощающих лесных полос полевые дороги. Обычно прокладка их именно в этом месте рекомендуется потому, что у нижней опушки дороги весной долго не просыхают. Дороги на наклонных полях должны прокладываться по средней оси поля или несколько выше ее. На них через каждые 50–100 м следует создавать пологие понижения – безмостовые перепуски для прохода стока. При поперечных сельскохозяйственных операциях, число которых невелико, лапчатые культиваторы, бороны, жнейки и комбайны могут беспрепятственно пересекать дорогу, сеялки должны выключаться, плуги – выглубляться.

99. Когда лесная полоса идет под углом к горизонталям, препятствием для проникновения в нее стока являются приопушечные сугробы. Выше уже говорилось о том, какую конструкцию должна иметь лесная полоса, чтобы снег ложился у опушки в виде растянутого шлейфа. В дополнение к этому полезно у верхней опушки устраивать стоконаправляющие пологие

валы, выдающиеся в поле на 20–30 м. Чтобы валы не препятствовали сельскохозяйственным работам, целесообразно во всю их ширину оставлять вокруг поля созданную из сеяных трав рамку. Травы, особенно многолетние, требуют для своего выращивания и уборки немногочисленные операции, которые могут выполняться вдоль обвалованных сторон "рамки" малыми тракторами (например, ХТЗ-7) с навесными орудиями.

100. Работы по преобразованию микрорельефа могут показаться сложными, но лишь потому, что они новы и важность их не осознана. Необходимо помнить, что защитные лесные насаждения – это инженерное сооружение, приносящее многостороннюю и экономически весьма ощутимую пользу. Они должны быть поставлены в физические и биологические условия, благоприятствующие их нормальному функционированию.

101. Последним этапом на пути к поглощению стока является его рассеяние и задержание в самих лесных полосах.

Обычная пропашка или культивация междурядий в первые годы развития лесных полос создает в них очень неблагоприятный микрорельеф. Сток, даже проникнув в лесную полосу, собирается в междурядьях, имеющих форму желоба, а при широких междурядьях – в отпашных бороздах и стекает по продольному уклону. Для уменьшения стока вдоль лесной полосы при пропашке и рыхлении междурядий целесообразно употреблять только безотвальные плуги и лапчатые культиваторы. В случае необходимости окучить насаждения, окучник должен снабжаться перемычкоделателем. На значительных уклонах, в частности в поперечных полосах, необходимо делать поперечные канавы, не выводя их за пределы лесной полосы. Целесообразно проверить на водозадержание также диагональный метод посадки лесных полос.

102. Естественное задержание воды лесной подстилкой может быть намного увеличено созданием в ней искусственных резервуаров.

В районах с обильным весенним увлажнением вдоль верхней опушки выкапываются канавокопателем прерывистые водопоглотительные канавы. Выброшенная из них земля укладывается валами со стороны лесной полосы и с одного торца (верхнего, если есть продольный уклон). Последнее важно во избежание образования сплошного стока через канавы в случае их переполнения. При наличии Г-образных валов излишки воды стекают в лесную полосу. В районах с необеспеченным увлажнением, но с сильными ливнями выгоднее делать канавы у нижней опушки, чтобы они собирали только излишки стока, не поглощенные лесной полосой.

103. В зоне недостаточного и отчасти необеспеченного увлажнения наиболее целесообразно создавать дополнительные резервуары путем посадки самих деревьев и кустарников в прерывистые канавки. Чем более засушлива местность, тем глубже должны быть канавки. При этом методе нельзя рассчитывать на то, что влага будет передаваться соседним полям, но сами насаждения будут ею обеспечены. Наравне с задержанием стока при этом достигаются повышение приживаемости и ускорение роста деревьев, а следовательно, и усиление их ветроломного действия.

104. Большое значение имеет перестройка микрорельефа под насаждениями на балочных склонах. Чем круче склон, тем труднее задерживать сток. Между тем задерживать его необходимо не только для ослабления склоновых подбровочных и донных размывов, но и для обеспечения водой

самих насаждений, которые особенно на южных и наветренных склонах часто страдают от недостатка влаги.

Простейшей мерой по водозадержанию на подбровочных склонах является полосная (несплошная) распашка их под лесонасаждения. Между распаханными лентами остаются задернованные междурядья, причем чем круче склон, тем меньше должна быть ширина ленты по отношению к ширине междурядья.

105. На крутых склонах, где напашка невозможна, посадка может производиться в посадочные ямы, выкапываемые моторными лункокопателями, переносимыми или смонтированными на самоходных шасси. Выброшенная земля создает полукруглую лунку с обратным уклоном, собирающую сток со склона.

106. В заключение следует отметить, что вопросы конструкции лесных полос тесно связаны с вопросами их размещения. Для успешной работы защитных насаждений правильная конструкция также необходима, как и правильное проектирование сети.

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЧЕЛОВЕКОМ[1]

ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА

Воздействие человека на природу приняло к настоящему времени глобальный характер. Предел "упругости" природы часто нарушается, при этом она деградирует, "опустынивается"[2]. Для поддержания ее воспроизводящего потенциала необходимо в корне изменить принципы организации территорий, проектирования населенных пунктов, различных сооружений, производства.

Под воздействием человека чаще всего выпадают наиболее ранимые биогенные элементы, и дифференцированные длинные пищевые цепи заменяются короткими, обедненными и однообразными.

Каждый вид животных и растений обладает избирательной способностью к определенному набору атомов, которые он вводит в круговорот ландшафтной сферы. Поэтому исчезновение любого вида приводит к выпадению из оборота соответствующего набора веществ (Лазарев, 1966). В отдаленной перспективе это угрожает человечеству дефицитом определенных видов сырья, но уже и в ближайшем будущем может привести к недостатку жизненно важных микроэлементов.

Жизненные нужды человека заставляют его в собственных интересах заботиться о процветании всех или большей части существующих видов животных и растений, так как он в сильнейшей степени зависит от них. Кроме того, сохранение всех видов, которым природа в течение долгой эволюции с удивительной изобретательностью придавала бесконечно разнообразные и утонченно специализированные формы, казалось бы, является

---

[1] Статья написана в 1973 г. и публикуется впервые.

[2] Д.Л. Арманд здесь и в некоторых других случаях применяет оборот об "опустынивании" природы не в ландшафтно-зональном значении этого термина и процесса, а скорее как образный синоним слова "опустошение", в смысле "превращение в пустошь". – *Примеч. ред.*

его, как вершины этой эволюции, моральным долгом. Нет ничего более ошибочного, чем стремление большинства людей "победить" природу вместо того, чтобы наладить с ней мирное сосуществование. К сожалению, изобретательность человека опережает его мудрость и заводит его в ситуации, "когда он становится опасен для самого себя" (Дарлингтон, 1972).

Человек является продуктом ландшафта и тесно связан с его традиционными условиями. Отсюда вытекает социально-гигиеническое значение ландшафта. Человек чувствует себя дискомфортно при отсутствии объектов живой природы, несмотря на изысканный комфорт цивилизации.

Человечество, подобно отдельному организму, выделяет отходы. Сегодня наиболее опасная форма изменения среды – как раз загрязнение промышленными и коммунально-бытовыми отходами как почвы, так и воды и воздуха. Именно загрязнение обусловливает невозможность существования целых биологических видов или их больших популяций и приводит к разрушению экосистем. Вместе с другими организмами страдает и сам человек. Определить границы выносливости людей – задача новой науки – экологии человека[3].

Сельскохозяйственная деятельность, вырубание лесов, промышленность и городской транспорт ведут к значительному загрязнению среды. В известной мере эта деятельность целесообразна и неизбежна, но как часто она наносит ущерб природе без надобности! Необходимо найти формы сосуществования с природой и твердо сказать: дальше ее разрушать нельзя, это становится опасным для самого человека. Тот факт, что человечество управляет общественными законами, вовсе не значит, что оно может не считаться с законами природы.

Приспособляемость человека очень велика. В условиях больших промышленных городов он приспосабливается к искусственному свету, к работе у раскаленных печей, ухитряется почти не двигаться или, наоборот, непрерывно двигаться в быстром темпе конвейера. Но при этом он часто теряет здоровье. Да и чрезвычайно быстрый темп изменения условий жизни превышает экологическую приспособляемость человека.

Великие технические решения современности всегда чреваты опасностью нарушения окружающей среды, если они принимаются при принципиально неправильном подходе к использованию природных ресурсов и преобразованию природы. Такой подход базируется на невнимании технической интеллигенции к закону всеобщности взаимодействий и ограниченности ее представлений, мешающей предвидеть далеко идущие косвенные последствия предпринимаемых к осуществлению программ. Выполнение этих программ должно сопровождаться комплексным экологическим прогнозированием всех будущих изменений географической среды, в которой предстоит жить человеку.

К сожалению, до недавних пор ни у одного государства не было научно обоснованной политики по отношению к природе. Постановление Верховного Совета СССР "О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов", принятое в сентябре 1972 г., явилось первым актом такого масштаба, принятым в этом на-

---

[3] Более точно эту науку именуют социально-экономической экологией. – *Примеч. ред.*

правлении правительством нашей великой державы. "Охрана природы" – традиционное название, под которым ныне подразумевается правильное природопользование[4].

Ряд тяжелых нарушений среды может быть ликвидирован лишь совместными усилиями всех народов. Но все же львиная доля работы по охране среды ложится на национальные программы.

Нельзя сказать, чтобы в капиталистических странах ничего не делалось для защиты среды обитания человека. Например, в Швеции существует специальный комитет, без визы которого не может быть построено ни одно предприятие. Он рассматривает проекты с точки зрения их соответствия условиям природной среды. В Японии в 1971 г. под давлением общественности создано Управление по вопросам окружающей среды. В США имеется Совет по вопросам качества окружающей среды при президенте, регламентирующий размещение предприятий. Совет установил, а затем уточнил основные положения заключений о воздействии промышленных объектов на природную среду. Там создано также Агентство по охране окружающей среды, контролирующее составление этих заключений, выдающее лицензии на строительство и дотации на создание очистных сооружений. Несмотря на значительные ассигнования из бюджета, эти и другие подобные организации достигают в области охраны среды лишь скромных результатов вследствие сопротивления промышленных монополий и наличия многих юридических лазеек в законодательстве. Сами промышленники, хотя и используют проблемы природной среды для социальной демагогии, тратят на усовершенствование сооружений по очистке сбросных вод и воздуха лишь очень незначительные средства.

Справиться с грандиозной задачей охраны среды можно только при единстве стремлений государства и общества. Только их объединенным силам по плечу произвести коренную перестройку народного хозяйства, необходимость которой диктуется заботами о здоровье и благополучии населения.

В социалистических государствах условиями, которые обеспечат успехи в деле охраны среды, являются образование единого контрольного органа[5], экономическая заинтересованность трудящихся, особенно руководящих кадров, в охранных мероприятиях и установление условных цен на природные ресурсы.

РАЗРУШЕНИЕ И ЗАХОРОНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

От отходов производства и быта, приводящих к захоронению почвы, избавляются двумя противоположными способами: путем их разбавления и путем концентрации. Разбавляют отходы в подвижных средах – воде и воздухе, концентрируют в инертных – на почве и дне океанов. Предполагается, что концентрация происходит на наименее плодородных землях,

---

[4] Теперь принято считать охрану природы не синонимом природопользования, а его составной частью (наряду с освоением и преобразованием природы); см., например, статью Ю.К. Ефремова "Природопользование" в Большой советской энциклопедии (1975). – *Примеч. ред.*

[5] В СССР в 1978 г. был создан Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. – *Примеч. ред.*

неудобных местоположениях. Но в действительности дело обстоит далеко не так.

Разрушение и погребение почв производится при добыче полезных ископаемых подземным и открытым способами.

При подземном способе в ряде случаев образуются просадки. Терриконы занимают много места и часто дымятся, загрязняя атмосферу. Иногда они взрываются или внезапно расплываются от дождя, поэтому в СССР в зоне шириной 0,5–1 км вокруг терриконa селиться не разрешается.

Открытые выработки сильно нарушают рельеф, оставляя после себя глубокие карьеры, около которых располагаются отвалы пустых пород. При откачке воды из карьера создается обширная воронка депрессии грунтовых вод.

Торфяные разработки обычно производятся в областях с малопродуктивными землями, которые, однако, могут быть превращены в высокопродуктивные.

Для сохранения земель в некоторых странах Западной Европы, имеющих высокую плотность населения и большие запасы полезных ископаемых, широко применяются закладка выработанного пространства шахт и культивация отвалов при открытых работах. В Англии некоторая часть доходов от угольной промышленности тратится на восстановление поврежденных территорий. Рекультивированные отвалы готовятся под пашни и, в более тяжелых условиях, под леса.

В СССР рекультивация производится во исполнение республиканских законов об охране природы. Дело это только начинается. Однако уже значительные достижения в этом отношении имеются в Караганде, на Украине и в Подмосковном бассейне. Завод "Азовсталь" выделяется хорошей постановкой выработки из шлака строительных материалов.

Для окультуривания золоотвалов применяются разные способы: их поливают сточными водами, жидкими удобрениями, покрывают торфом или слоем почвы. Рекультивация выработанных торфяников обычно сводится к превращению их в пруды рыбоводных хозяйств или в естественные кормовые угодья. Для последней цели на подстилающей породе необходимо оставлять полуметровый слой торфа.

Новой проблемой, характерной для стран капиталистического мира, являются "терриконы" из отслуживших автомобилей, загромождающих окрестности городов, особенно в США.

СНИЖЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ

Пространства суши опустыниваются не только в результате разрушения и захоронения почв под мусором и отвалами, но также вследствие неумелой сельскохозяйственной обработки угодий. Человечество уже потеряло 13,5% всей суши, или 24% земли, пригодной для сельскохозяйственного использования.

Потери валового сбора зерна, которые несет сельское хозяйство, отнюдь не определяются только превращением пашен в неудобные земли в результате эрозии, дефляции и прочих "стихийных" бедствий. На площади, значительно превышающей площадь неудобей, происходит смыв почвы и плодородие пашни год от года снижается. Этот процесс проявляется на наклон-

ных полях и возникает вследствие нарушения пахотой равновесия между дерновым покровом и стоком. Прекратить смыв можно только прекратив сток. Последнее же возможно лишь при строго горизонтальной пахоте и при наличии на ней нанорельефа, задерживающего воду до ее поглощения почвой, т.е. при наличии бороздования, гребневания, валования и террасирования. Все эти меры становятся эффективными при контурном земледелии и ленточном посеве[6].

Продукция сельского хозяйства может быть увеличена за счет улучшения земельного баланса и роста урожая.

Учитывая, что, по данным ряда специалистов, площадь целинных земель составляет от 30 до 60 млн. га, очень большого прироста пашни ожидать нельзя, поскольку земля должна отводиться также под промышленные, транспортные и другие объекты. Численность же населения СССР достигнет к 2000 г., по расчетам демографов, 300–500 млн. человек[7]. Беря из этих оценок среднюю цифру, получим, что площадь пашни, приходящаяся на одного человека, уменьшится с 0,93 до 0,72 га. При той же норме потребления продуктов питания это обязывает увеличить средний урожай в 1,3 раза, т.е. в переводе на зерновые культуры до 18 ц/га. Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина планирует увеличение урожая в 1,6 раза, т.е. до 22,2 ц/га, что, очевидно, может быть достигнуто путем значительного увеличения количества вносимых удобрений и применения передовой агротехники.

Возможности ирригации в отношении увеличения площади земледельческих угодий не следует переоценивать. Несмотря на усилия ряда государств, мировой фонд орошаемых земель в последние годы почти не растет: вторично засоляется столько же земель, сколько вновь орошается. Что касается осушения земель для целей сельского хозяйства, то, как выяснилось, его можно осуществлять только с двойным регулированием, т.е. более медленно и с бóльшими капитальными затратами, чем до сих пор. Нужно помнить о печальных результатах, полученных в разных странах, где осушение, сводившееся к одностороннему понижению грунтовых вод, привело на больших площадях к переосушке, в частности к развеванию грунтов или пожарам торфяников.

При оценке продуктивности земли для производства продуктов питания следует учитывать резкий скачок, связанный с успехами селекции и увеличением ассортимента и количества минеральных удобрений (так называемая зеленая революция). Так, с начала века урожаи пшеницы в Англии возросли в 4 раза, урожаи риса в Японии – в 2 раза. Значительное повышение урожаев наблюдается и в Советском Союзе. "Зеленая революция" захватила также некоторые развивающиеся страны, например Мексику и Индию.

В ближайшие десятилетия, возможно, произойдет дальнейший скачок, который нарушит корреляцию между производственными площадями и

---

[6] Контурная вспашка и террасирование были еще в 1967 г. рекомендованы в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии".

[7] По последним расчетам демографов ООН, численность населения СССР составит к 2000 г. около 300 млн. человек. – *Примеч. ред.*

валовыми сборами зерновых. Речь идет о химическом и бактериологическом синтезе из нефтепродуктов и другого сырья, в первую очередь белков для корма скота, а затем и для снабжения людей продуктами питания. В этом случае дефицит в 3,5 млн. т белков, необходимых для питания населения Земли, будет значительно уменьшен. В СССР, так же как во Франции, Японии, ФРГ и других странах, в этом отношении уже достигнуты значительные успехи. При дальнейшем прогрессе отказ от использования в сельском хозяйстве малопродуктивных земель может стать осуществимым.

Весьма существен вопрос об использовании пестицидов. Считается, что их применение может принести большую экономию благодаря уничтожению вредителей и сорняков. Поэтому их широкое внедрение в сельское хозяйство вполне понятно. В то же время концентрация веществ, которые в естественных условиях имеют весьма малые кларки, и синтез новых органических соединений, не встречающихся в земной коре, чрезвычайно опасны. Бóльшая часть пестицидов отличается малой избирательной способностью, т.е. они токсичны для всего живого. Строго локализовать их применение невозможно. Некоторые из них отличаются еще и высокой стойкостью и, попадая в почву, накапливаются там во все больших количествах. Они обладают кумулятивным действием, причем никто не знает порога чувствительности к ним организмов.

Главную группу пестицидов составляют инсектициды. Вредители быстро к ним приспосабливаются и, в то время как их естественные враги погибают, неожиданно дают вспышку размножения. Приходится применять все новые, более сильные средства, которые, накапливаясь в почве, убивают в ней живые организмы, в частности погибают почти все земляные черви, перелопачивающие почву и повышающие ее плодородие.

В СССР принимаются меры к уменьшению вредного действия пестицидов. Стойкие пестициды стараются заменить разлагающимися через 10–15 дней после применения. Стремятся изыскивать пестициды наибóльшего избирательного действия, наименее вредные для человека. В рекомендованных дозах пестициды безвредны, но кто поручится, что они будут применяться именно в этих дозах и именно в назначенные сроки? При распылении с самолетов нельзя добиться, чтобы они не рассеивались по воздуху, не оседали в населенных пунктах.

Мы в значительной степени сами содействуем распространению вредителей. Засевая громадные площади одной культурой, нарушая севообороты, лишая привычных местообитаний насекомоядных птиц, мы создаем такие вспышки популяций вредителей, которых не знало земледелие прежних десятилетий. Надо надеяться, что исправление этих ошибок, биологические методы борьбы, стерилизация самцов насекомых, очистка семян и тому подобные безвредные меры сведут к минимуму необходимость применения химических средств. При оценке их целесообразности надо, положив на одну чашу весов впечатляющую экономию, положить на другую все косвенные отрицательные последствия, накапливающиеся за долгий период. Тогда, быть может, выгоды, достигаемые при применении химических средств, покажутся не столь несомненными.

Родина пестицидов – США. На их долю приходится около половины мирового производства пестицидов, и там они применяются наиболее

широко. В начале для борьбы с вредными насекомыми в США применяли медный купорос и мышьяк, но затем перешли на более эффективные хлорорганические и фосфорорганические пестициды. В состав пестицидов входят соединения ртути – металла, чрезвычайно стойкого и токсичного для всего живого.

Инсектициды аккумулируются в звеньях трофических цепей. Так, например, в США в пролив Лонг-Айленд был спущен ДДТ в концентрации 0,003%. Через некоторое время он был обнаружен во много раз превосходящем количестве в планктоне и в еще большем количестве в питавшейся им мелкой рыбе, а в крупной хищной рыбе оно еще более возросло. Птицы, ловившие рыбу, погибли.

В некоторых странах Запада, применявших особенно много минеральных удобрений (Дания, Нидерланды), наблюдаются признаки пересыщения ими почвы. Этот вопрос еще подлежит изучению.

СУДЬБА ЛЕСОВ

Ежегодные заготовки древесины в СССР, т.е. вывоз с лесосек, значительно ниже ее естественного годового прироста; таким образом, он, казалось бы, используется не полностью. Но в действительности переспелые леса есть только на далеком Севере, в Сибири и в горах.

К ним не проложены пути сообщения, и они не могут считаться реальными лесными ресурсами. Леса же малолесных областей истощены, в большой степени утратили свое водоохранное, климатическое и гигиеническое значение.

Истребление лесов происходит во всех странах. Это ставит под угрозу баланс кислорода в атмосфере. Площади под лесом быстро сокращаются в США, Канаде, Бразилии и Африке. В последнее время делаются попытки восстановления обезлесенных районов в восточной части Северной Америки, во Франции и других странах. Но темпы восстановления не идут ни в какое сравнение с темпами промышленной вырубки лесов.

Сжигание кислорода в топках промышленных печей и особенно в двигателях внутреннего сгорания непрерывно возрастает, а площадь его главных восстановителей – пленки планктона на морях и лесов на суше – все время уменьшается. Помимо прямого неблагоприятного действия на организмы, это, по мнению некоторых химиков, угрожает разрушением озонового экрана, находящегося в известном равновесии с кислородом атмосферы, и проникновением в тропосферу вредных ультрафиолетовых лучей.

В ближайшие годы произойдет большой рост бумажной и лесохимической промышленности и промышленности древесных плит. В этих отраслях могут использоваться и низкосортный лес, сучья, пни, которые оставляются на вырубках. При дальнейшем увеличении заготовок леса будет необходимо принять следующие меры:

– прекратить промышленные рубки в малолесных и горных районах и освоить дальние перестойные леса;

– перейти на прогрессивные виды рубок, в частности на рубку небольшими делянками, для обеспечения лесовозобновления и сохранения ценных свойств лесных ценозов;

– разработать технологию вывозки леса воздушным транспортом (вер-

толетами, дирижаблями) и подвесными дорогами, которые заменят трелевку, транспортировку лесовозами и молевой сплав;

– приблизить комбинаты по переработке древесины к местам лесозаготовок;

– создать на основе правильного оборота рубок постоянные города лесорубов вместо временных, кочевых[8].

Упорядочение лесопользования будет иметь громадное значение и для уменьшения загрязнения атмосферы благодаря прекращению сжигания отходов древесины, и для очищения рек в результате прекращения молевого сплава, и для уменьшения эрозии в результате введения усовершенствованных способов вывозки леса. В некоторых отношениях примером может послужить лесное хозяйство ГДР и ряда районов Финляндии, где отходы не сжигаются и даже прутья и хвоя идут в дело.

КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИСЧЕРПАНИЕ ВОДЫ

Вопрос о загрязнении вод не является вопросом будущего. Речь идет не о том, до какой степени можно довести загрязнение, а как его снизить при росте населения и дальнейшем развитии всех отраслей народного хозяйства. В СССР в ряде областей чистой воды не хватает уже настолько, что пришлось ограничивать в них строительство водоемких производств.

Годовой сток рек земного шара равен 37 тыс. км^3. На территории СССР формируется 4354 км^3, из которых 3340 км^3 паводкового стока не могут быть полностью использованы. Из оставшихся примерно 1000 км^3 уже сейчас народное хозяйство потребляет более 250 км^3, в том числе 130 км^3 в сельском хозяйстве, преимущественно на орошение, а в дальнейшем по прогнозам будет потребляться 650–700 км^3 в год (Фомин, 1968).

Хром, медь, никель, соли цинка, цианиды, фенол, аммиак, нефтепродукты, различные кислоты и щелочи содержатся в водах промышленных центров во всех странах. Органика поступает с бумажных, сахарных, винокуренных заводов, боен; с полей смываются удобрения – азот и фосфор, под влиянием их водоемы быстро эвтрофируются, бурно зарастают водорослями. Стоки с целлюлозных заводов, содержащие ядовитые меркаптаны, в значительной степени не поддаются очистке. Проходят через любые фильтры и детергены. Различные химические вещества часто, сочетаясь один с другими, дают более токсичные соединения, чем первоначальные. Велика роль бактериального загрязнения около больших городов. Например, в Сене выше Парижа в 1 см^3 отмечается 15 патогенных бактерий, а ниже – 1,5 млн.

Плохо очищаются озера и водохранилища. Хотя в них возможен лучший, чем в реках, отстой воды, но способность к самоочищению пропорциональна перемешиванию, которого в этих водоемах как раз и не происходит. Однажды умерший водоем с трудом восстанавливается. Американские специалисты подсчитали, что для восстановления оз. Эри, лишенного жизни

[8] Часть мер, предлагаемых автором, предусмотрена в принятых в 1977 г. Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик. – *Примеч. ред.*

вследствие сбрасывания сточных вод, главным образом отравленных ртутью, нужно приостановить поступление стоков в него на 500 лет или сразу затратить 200 млрд. долл.

Из всех видов загрязняющих веществ самыми распространенными являются углеводороды, преимущественно нефть. Нефтепродукты поступают в воду с нефтеперегонных заводов, нефтепромыслов, от промывки танкерного флота, от выхлопа в воду судовых двигателей внутреннего сгорания. Нефтяная пленка на поверхности воды изолирует ее от кислорода воздуха; при отсутствии же кислорода невозможна никакая, в том числе и бактериальная, жизнь, а следовательно, и самоочищение. Считают, что сейчас в море ежегодно поступает 12 млн. т нефтепродуктов, причем их разложение длится в среднем 4 года.

Существует много способов задержания, улавливания и потопления нефтяной пленки на воде. Но, как показали попытки нейтрализовать нефть, которая вылилась в море в количестве 117 тыс. т при аварии танкера "Торри-Кэньон" или при катастрофе в районе Санта-Барбара (Калифорния), когда нефть разлилась на 2 тыс. км^2, все средства оказались недействительными. Детергенты, которыми ее пытались привести в растворимое состояние, принесли организмам больше вреда, чем сама нефть.

Наконец, крайне серьезную проблему представляет радиоактивное загрязнение вод, происходящее главным образом в результате сброса отходов атомных электростанций. В США они помещаются в стальные контейнеры, заливаются стекловидной массой и погружаются на дно океана. В ряде других стран радиоактивные отходы малыми дозами, для которых обеспечено достаточное разбавление, спускают в реки. Все же этот способ не вполне безопасен: отходы могут адсорбироваться грунтами и водными организмами и накапливаться в больших количествах. Вероятно, целесообразно захоронение отходов в глубоких шахтах. Большую угрозу представляет также производимое США захоронение на дне океана нервно-паралитического газа.

Весьма значителен ежегодный смыв в реки почвы, много оседает ее также в озерах и балках (Соболев, 1958). Если одновременно с задачей увеличения производства удобрений не будет решена задача впитывания выпадающих осадков почвой и уменьшения эрозии, то вся масса удобрений вместе с частью почвы будет сноситься в реки. Поставить надежный заслон на пути смыва растворенных удобрений – труднейшая (вследствие дисперсности источников), но насущнейшая задача сельского хозяйства. Но поглощение осадков почвой должно быть достигнуто и из чисто агрономических соображений: большие урожаи потребуют больших количеств воды.

Помимо уменьшения водопотребления энергетикой и промышленностью за счет перехода на замкнутую циркуляцию, должен быть увеличен коэффициент использования стока. Строительство ряда водохранилищ для многолетнего регулирования (преимущественно в верховьях рек) приведет к сокращению паводкового стока. Необходимо пересмотреть технологию производства в таком направлении, чтобы исключить само образование загрязненных стоков. В конце концов всякий отброс, будучи обработан соответствующим образом, может оказаться весьма ценным продуктом. Это в равной степени относится к твердым, жидким и газообразным отходам.

Очевидно, при проектировании заводов любого профиля надо будет учитывать все отходы производства и заранее предусматривать строительство подсобных цехов для их утилизации. В случае невыгодности обработки отходов вследствие их малого количества они должны направляться по трубопроводам на центральный завод для обработки. Проекты "антизаводов", которые будут целиком заняты переработкой отходов, уже созданы в СССР для района Запорожья, а в США – для района Великих озер.

В деле увеличения количества пресной воды, несомненно, значительную роль будет играть опреснение морских вод на комбинированных атомных станциях. Этой водой будут снабжаться в первую очередь прибрежные города, а затем она по трубопроводам будет передаваться все дальше в глубь материков.

Наиболее сложен вопрос о тепловом стоке. В отличие от водного и воздушного стока его нельзя очистить. По второму принципу термодинамики его можно только передавать от одного тела к другому, например, от воды к воздуху. Правда, тепло излучается в космос, но, чтобы ускорить его излучение, надо повысить температуру излучающего тела. К 2000 г. в воду в пределах всего земного шара будут предположительно выделяться около 7 млрд. ккал в год. К этому времени США надеются перевести 60% своих электростанций на атомную энергию, которые, однако, будут сильно нагревать воду.

В топках и домнах сжигаются горы топлива. При этом в год выделяется около 15 млрд. т углекислого газа, процент его в атмосфере существенно повышается. Углекислый газ препятствует тепловому излучению Земли и создает на ее поверхности парниковый эффект. Благодаря этому, а также благодаря прямому нагреванию температура атмосферы уже повысилась на 0,6°. В случае повышения ее еще на 1,5–2° начнется таяние ледяного пака полярных бассейнов, которое в дальнейшем станет вследствие уменьшения отражательной способности самопроизвольным и необратимым (Будыко, 1962). Это может привести к растоплению ледников Антарктиды и Гренландии. В результате уровень океана поднимется приблизительно на 65 м и вода затопит все приморские низменности.

Потеплению атмосферы противостоит уменьшение ее прозрачности при задымлении и запылении. Однако это плохой выход из положения, так как он связан с ослаблением фотосинтеза. Часть углекислоты потребляется растительностью, но потребление ее уменьшается по мере истребления лесов и загрязнения океана. Сокращения поступления углекислоты в атмосферу можно достигнуть путем замены старых способов производства энергии новыми, типа использования геотермальной энергии, энергии Солнца, ветра, приливов и т.д. Но науке предстоит также решить грандиозную задачу создания механизмов для промышленного фотосинтеза и поглощения углекислоты.

В очистке вод в СССР достигнуты заметные успехи. Мероприятия, проведенные в последние годы по предотвращению загрязнения бассейнов Волги и Урала неочищенными сточными водами, уже принесли значительные результаты. "Суда-дворники" всасывают нефть с поверхности Бакинской бухты, Кольской губы и других акваторий. Ряд заводов переведен на замкнутый оборот. Образцом временного решения вопроса (до пересмотра технологии) является деятельность Могилевского лавсанового комбината,

который не только очищает свои сточные воды перед сбросом в Днепр, но и принимает на себя очистку стоков города и всех его промышленных предприятий[9].

Положение на реках и морях Западной Европы и Северной Америки значительно хуже. Несмотря на запрет, в Рейн, например, продолжают сбрасывать в большом количестве ядовитые вещества. Ядовиты воды в Миссисипи, Огайо и многих других реках США.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА

Загрязнение атмосферы отличается от загрязнения других геосфер тем, что при нем источники пыли или газов могут оказывать циркумполярное или даже глобальное воздействие на воздушный океан. Загрязнение атмосферы приводит к ослаблению солнечной радиации, ухудшению здоровья людей, уменьшению урожаев.

Главные источники загрязнения атмосферы – двигатели внутреннего сгорания, промышленность, тепловые электростанции, лесные пожары, дефляция. Ca, Mg, K, Na, выбрасываемые железорудными предприятиями, оседая на почву, раскисляются и перещелачивают ее. Выбросы сернистого ангидрида, который химически действует на фотосинтез и очень токсичен для растительности, приводят к гибели лесов, в первую очередь хвойных.

Помимо отравления атмосферы, современная практика выброса газов также нетерпима в экономическом отношении, как и практика выброса ценных веществ в реки. Например, металлургия теряет с газами и дымами на 1 т продукции 600 кг окиси железа, 300 кг черновой меди, до 40 кг мышьяка, ртути, цинка, свинца, а промышленность стройматериалов – до 200 кг цемента.

Улавливание отходящих газов и пыли выгодно. Например, Балхашский и Мончегорский комбинаты получают большой доход от улавливания сернистого газа, превращаемого впоследствии в серную кислоту. Трест "Апатит" и Качканарский горнообогатительный комбинат перешли на замкнутый цикл снабжения воздухом и получают таким путем много добавочной продукции.

Особенно вредно загрязнение воздуха, источником которого являются двигатели внутреннего сгорания, главным образом автомобильные. Этот род загрязнений концентрируется в городах, и масса угарного газа, метана, фосфорного водорода, пахучих альдегидов, свинца, сосредоточивается у самой поверхности земли. Наконец, автомобильный транспорт вреден еще и тем, что в результате его работы понижается процент кислорода на улицах. Люди болезненно ощущают его недостаток.

Количество ядер конденсации в городах в 50 раз больше, чем в деревне, и автомобили в немалой степени ответственны за явления смога, которые давно перестали быть "привилегией" Лондона. Как известно, смоги с катастрофическими последствиями бывали не только в Лондоне, но и в долине Мааса (Бельгия). Постоянным местом смогов, вызываемых автомобильными газами, стал, например, Лос-Анджелес. В СССР в последние годы

---

[9] В 1970 г. были приняты также Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик. – *Примеч. ред.*

некоторые признаки смогов стали появляться в ряде промышленных центров, в которых дым фабричных труб и усиленное движение транспорта сочетаются со штилями, сопровождаемыми температурной инверсией.

Сенат США вынес решение об ассигновании большой суммы на конструирование электромобиля; в Великобритании несколько тысяч электромобилей уже находятся в эксплуатации; в газетах сообщалось о выпуске электромобилей в Японии и Болгарии, а также о разработке в ряде стран "чистых" метановых, пропановых и водородных двигателей и о других попытках "реабилитировать" автомобили путем изменения вида топлива или конструкции мотора. В Советском Союзе опытное конструирование электромобилей ведется на ряде заводов и уже выпущены пробные модели.

Меры по борьбе с приводящими к загрязнению воздуха пожарами лесов должны заключаться в усилении лесной пожарной охраны, создании сети наблюдательных вышек по образцу канадской, увеличении ответственности топографических, геологических и буровых партий, а также охотников и туристов за поджог леса, а главное – в замене сжигания на вырубках остатков древесины полным их использованием. Надо позаботиться и о современных мусоросжигательных печах вблизи городов, обязательно снабдив их очистными сооружениями.

В последнее время вопросам очищения атмосферы во всех странах придается большое значение. Однако в капиталистических странах, где существует частная собственность, борьба за чистый воздух особенно трудна. На это указывает, например, следующий факт: когда в США было запрещено сжигание сернистого угля на электростанциях, это вызвало топливный кризис и резкое повышение стоимости электроэнергии. Повышенная цена хорошего топлива была сразу переложена на потребителя.

Промышленное загрязнение воздуха вполне преодолимо. То, что ряд городов и предприятий почти ликвидировал его, говорит о том, что это могут сделать и другие. Например, благодаря принятым мерам, главным образом переводу теплоэлектроцентралей на газовое топливо, задымленность неба над Москвой, Ленинградом, Горьким, Баку, Кемеровым, Тбилиси, Алма-Атой, Днепропетровском и некоторыми другими городами значительно снизилась.

Для всех отраслей промышленности должно стать обязательным максимальное улавливание улетучивающихся побочных, главным образом газообразных и отчасти пылевидных, продуктов. В настоящее время центробежные фильтры улавливают до 85% выносимых частиц, а электрические – до 95 и даже 99%. Установка поглотителей продуктов неполного сгорания на автомобилях – малоперспективное дело. Коренное разрешение транспортной проблемы заключается, очевидно, в замене бензиновых двигателей другими механизмами. Их разработка уже ведется.

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Важным аспектом борьбы за улучшение среды является борьба с шумом, который травмирует людей. В городах Запада под влиянием шума увеличивается количество самоубийств и психических заболеваний. Средствами от него является та же замена автомобилей электромобилями, развязка городских перекрестков, увеличение ширины улиц и их озеленение, заглуб-

ление транспорта в выемки или тоннели, запрещение радиовещания и музыки у открытых окон и т. п. Особо следует продумать вопрос о сверхзвуковых самолетах. Когда они преодолевают звуковой барьер, иногда от шума обваливаются скалы или сходят оползни. Ширина зоны грохота составляет 80 км, и он воздействует на миллионы людей. В США принят закон, согласно которому трассы сверхзвуковых самолетов переносятся в пустынные местности.

Для всей грандиозной программы работ по охране природы нужны специалисты разного профиля по каждой отрасли в отдельности и комплексные специалисты широкого профиля. При этом все они должны быть еще и пропагандистами, потому что охрана природы – дело новое, требующее перевоспитания народных масс, и в первую очередь хозяйственных руководителей. Подготовку специалистов надо начинать в вузах по специальным программам. Уже есть такие вузы, которые готовят "операторов" – людей, знающих механику, бионику, экономику и принципы охраны природы.

Опыт показывает, что в деле охраны природы нет неразрешимых задач. Хотя перед наукой и техникой еще стоят труднейшие проблемы, их, несомненно, можно разрешить, если сосредоточить внимание на нужном направлении и затратить для поддержания природной среды такие же усилия, какие до сих пор прилагались к ее безудержной эксплуатации. Главные трудности лежат в экономической плоскости. Помимо огромных затрат на восстановление нарушенного равновесия в природе, необходимо приступить к его стабилизации. Для этого народное хозяйство всех стран должно соблюдать два принципа: 1) потреблять только такое количество возобновимых природных ресурсов, которое человечество в состоянии воспроизводить; 2) производить только такую продукцию, отходы которых могут быть полностью минерализованы или возвращены в полезный оборот.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ПРИРОДЫ[1]

ВВЕДЕНИЕ

В понятие "охрана природы" у нас включается очень широкий комплекс представлений, связанных с осуществляемой силами государства и общества борьбой за разумное использование природы для блага как ныне живущих людей, так и будущих поколений. Причем в это понятие включают как прямое употребление физических тел, возникших естественным путем, так и использование географической среды для укрепления здоровья, поддержания хорошего самочувствия и удовлетворения умственных и духовных потребностей людей. Эти две стороны деятельности по использованию природы нередко приходят в противоречие друг с другом. Так, например, удовлетворение материальных нужд людей диктует максимальную вырубку лесов вблизи городов, где имеется густая сеть путей сообщения, и центров потребления древесины, а оздоровительные и эстетические запросы тех же людей заставляют именно вблизи горо-

[1] Статья написана в 1968 г. и публикуется впервые.

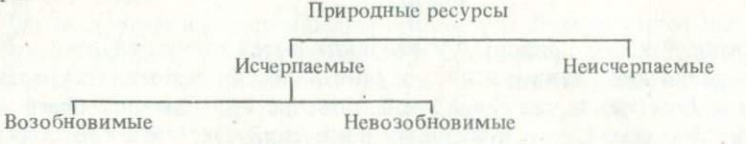
дов оставлять зеленые зоны. Нужна немалая государственная мудрость и дальновидность, чтобы в каждом отдельном случае находить правильное решение.

Охрана природы делится на охрану в ходе ее эксплуатации и на полное изъятие из эксплуатации. В первом случае все более применяется термин "правильное природопользование"[2], во втором давно используется понятие "заповедание". Природопользование осуществляется более чем на 99% территории Советского Союза, и от того, будет ли оно правильным или неправильным, зависят жизненно важные интересы советского общества. Заповедные земли занимают всего около 0,2% территории страны[3]. Казалось бы, в связи с ничтожностью площади и пассивным характером проводимых на этих землях мероприятий они не имеют никакого значения. Но это не так. Консервация ландшафта в заповедниках – это сохранение прошлого ради будущего. Но этого вопроса мы коснемся позже, пока же остановимся на природопользовании.

Уточним понятие "природный ресурс". Это всякое естественное тело, которое может быть использовано человеком в народном хозяйстве или своем личном. Использование его начинается с подготовки. Оконтуренное бурением или геофизической разведкой месторождение, лесоустроенный лесной массив, землеустроенная целина – вот примеры "подготовленных ресурсов", т. е. таких, добыча или использование которых еще не начаты, но в отношении которых уже приняты меры, облегчающие их последующее превращение в сырье, топливо и т. д.

В ряде случаев природные ресурсы представляют ценность не благодаря механическим свойствам вещества, из которого они состоят, а благодаря запасу энергии, который они содержат. Таковы энергетические ресурсы угля, нефти, газа, рек и ветра. Причем если первые три ресурса обязаны присущим им энергетическим потенциалом своему химическому составу и строению и не могут быть использованы без его разрушения, то вторые два, отдав содержавшуюся в них энергию, остаются в прочих отношениях физически неизменными.

Природные ресурсы в отношении их потребления делятся следующим образом:



Понятно, что правила рационального природопользования будут различны для каждой из групп.

К возобновимым ресурсам относятся растительность и животный мир (звери и птицы, рыба и другие морские организмы), а также плодородные почвы. Элементы плодородия, содержащиеся в почве, находящейся под естественной растительностью, непрерывно потребляются и вновь восстанавливаются за счет опада и отмирающих организмов. Они нахо-

---

[2] См. примечание ред. в очерке "Изменение географической среды человеком" (с. 151).
[3] К 1980 г. площадь заповедных земель возросла до 0,3%. – *Примеч. ред.*

дятся в сбалансированном состоянии. При земледелии расход этих элементов усиливается, и для восстановления их запасов земля должна "отдыхать". Но и здесь первоначальное плодородие может быть ей возвращено.

Природопользование считается правильным, когда оно сопровождается расширенным воспроизводством возобновимых природных ресурсов или заменой менее ценных ресурсов более ценными при сохранении или улучшении среды обитания людей.

С ростом цивилизации интенсивность эксплуатации природных ресурсов возрастает и производящие силы природы оказываются уже недостаточными для воспроизводства их убыли. Тогда человек начинает ей помогать: он сажает леса, сеет травы, разводит скот, пушных зверей и рыб, удобряет почву. Но, к сожалению, так бывает не всегда; гораздо чаще он хищнически или просто бездушно продолжает изымать возобновимые ресурсы, не считаясь с тем, что их возобновление снижается и затем они исчезают совсем. Так он истребил сотни видов полезных животных, превратил в бедленды и пустыню многие миллионы гектаров цветущих земель.

Отсюда ясны задачи охраны и возобновимых ресурсов. Если необходимо брать больше, то надо или изыскивать пути искусственного воспроизводства, или осваивать новые площади, или, наконец, форсировать поиски других ресурсов, вообще устраняющих потребность в увеличении добычи данного вида сырья.

Иное дело – невозобновимые ресурсы, к которым относится бóльшая часть полезных ископаемых. Будучи добыты и использованы, они не восстанавливаются природой или восстанавливаются в сроки, несоразмерно бóльшие по сравнению со скоростью их потребления. Задача охраны природы сводится в данном случае к комплексной и возможно полной добыче этих ресурсов и их экономному расходованию. Потребность в том или ином сырье всегда особенно остро ощущается в определенную эпоху; надо растянуть запасы до того времени, когда наука предоставит в распоряжение техники новые источники его или найдет заменители. Задача экономного расходования – чисто технологическая. Таким образом, успех охраны природы зависит не только от наук о Земле.

Добыча минерального сырья обычно связана с глубокими нарушениями других компонентов ланшафтной сферы. В местах выработки разрушаются растительность и почвенный покров, уничтожается животное население, в негодное для использования состояние приводятся рельеф, грунтовые и иногда поверхностные воды. Поэтому важной задачей охраны природы становится сведение к минимуму наносимого ущерба, а по окончании выработки восстановление или так называемая рекультивация ландшафта.

К неисчерпаемым (практически) природным ресурсам относятся климатические и гидрологические, солнечная энергия, дождевые осадки, кинетическая энергия ветра и морского прибоя, потенциальная энергия рек и морских приливов, вода как вещество и как средство транспорта. Следует отметить промежуточный характер гидрологических ресурсов: являясь неисчерпаемыми в планетарном масштабе, они часто иссякают там и тогда, где и когда они наиболее нужны; в этом случае они относятся к числу исчерпаемых возобновимых ресурсов.

Бережное отношение к неисчерпаемым ресурсам заключается в поддержании их в состоянии постоянной готовности к использованию. Главным условием для этого является их чистота. Благодаря повсеместному присутствию воздуха и воды загрязнение делает их ядовитыми для всего живого и препятствует выполнению их обычных функций.

Необходимость в охране природы как комплексе государственных мероприятий возникла в последние десятилетия в связи с резким ростом числа вовлекаемых в производство природных тел. Новый аспект проблемы появился в результате введения в биосферу ряда химических веществ (гербицидов, инсектицидов, искусственных удобрений и т. д.). Наконец, большую остроту приобрела проблема удаления отходов. В результате хозяйственной деятельности выделяется отходов примерно столько же, сколько потребляется. Они выбрасываются в виде газов в атмосферу, в виде жидкостей в моря и реки, в виде сухих отвалов в почву, загрязняя и отравляя, таким образом, все три геосферы. Удаление отходов как важная сторона охраны природы становится необходимой отраслью деятельности общества, для которой оно должно выделять часть материальных средств и квалифицированных кадров.

Значительная часть действий, нерациональных с точки зрения охраны природы и тем не менее имеющих место, объясняется халатностью,беспечностью, хищническим отношением или невежеством отдельных деятелей, работающих в той или иной области хозяйства. Путь борьбы с этими проявлениями хотя и труден, но ясен. При социалистическом хозяйстве продолжают существовать противоречия между разными группами населения, между общими и местными интересами, наконец, между различными потребностями одной и той же группы лиц. Для разрешения таких конфликтов необходима прежде всего выработка единого критерия общественного блага, а также умение прогнозировать последствия тех изменений, которые вносятся обществом в природу.

Проблему охраны природы можно решать не только как естественнонаучную, но и как социально-экономическую. При этом надлежит учитывать следующие принципы: 1) природа играет огромную роль в сохранении и развитии жизни человека и в этом отношении не может быть заменена никакими благами чисто урбанистической цивилизации; 2) сохранить экологическое равновесие при прогрессе техники на значительных площадях земного шара невозможно и к этому не следует стремиться; охрана природы должна мыслиться как ее разумное преобразование, идущее в ногу с развитием техники.

Первым шагом, с которого начинается охрана природы, является учет природных ресурсов. Статистика государства, ведущего плановое хозяйство, должна давать полное представление о запасах природных богатств и о возможных темпах воспроизводства их возобновимой части. Эти данные должны поступать как в отраслевом, так и в региональном разрезе, чтобы, с одной стороны, государство знало общий запас данного ресурса в стране, с другой – чтобы каждый областной или районный руководитель мог учитывать тот комплекс природных богатств, которым он располагает, мог заменить один ресурс другим и, в случае надобности,дать заявку на ввоз недостающего.

Лучше всего, если учет природных ресурсов имеет форму системы

кадастров. По каждому виду ресурсов кадастр составляется отдельно, в соответствии с их особенностями, но все они подчиняются общей схеме в отношении районирования, единиц измерения, сроков потребления данного ресурса и т. д. При этом ведется количественный учет качественно различных типов ресурса с одновременным оконтуриванием их границ на карте. Таким образом, кадастр распадается на три операции: типологию, бонитировку (качественную оценку) и картирование ресурса.

Типология – чисто естественнонаучная задача; при ней выделяются встречающиеся в природе типы ресурса, безотносительно к их ценности. Бонитировка, наоборот, задача экономическая: каждому типу дается оценка, причем несколько типов могут объединяться в один бонитет. Бонитеты в отличие от типов ранжируются. Оценка может быть абсолютная (в рублях) или относительная (в баллах). При определении бонитета обычно учитываются качество ресурса, удобство добычи, состояние подъездных путей и средств транспорта, удаленность от рынков сбыта и др. Бонитировка – наиболее конъюнктурная часть кадастра и должна часто пересматриваться. Кадастровые карты показывают расположение отдельных типов и бонитетов ресурса на местности.

В СССР работа по составлению кадастров начата, но они еще не приведены в единую систему.

Важнейшим делом признается составление земельного кадастра[4]. К сожалению, проведение его в жизнь затруднялось ввиду неразработанности научной методики. Главные споры велись покруг качественной оценки земель. Некоторые союзные республики произвели кадастровые работы по различным и большей частью неполным программам. Передовыми по составлению земельных кадастров оказались Украина, Молдавия и республики Советской Прибалтики. Способствовать осуществлению земельного кадастра призван Институт земельных ресурсов.

Водный кадастр для суши был составлен в 30-е годы Гидрометеорологической службой по ограниченной программе. С тех пор речная сеть Советского Союза претерпела большие изменения, а значение водных ресурсов неизмеримо возросло. На очереди стоит задача пересмотра водного кадастра со значительным расширением программы и превращением его в водохозяйственный, т.е. с указанием не только прихода воды в реки из естественных источников, но и забора ее главными потребителями[5]. Кроме того, ведутся солнечный и ветровой кадастры, которые пополняются регулярно поступающими данными гидрометеорологической сети.

Ряд ведомств ведет учет ресурсов, не придавая ему, однако, характер кадастра. Так, например, при лесной таксации определяются породность

---

[4] С 1968 г. ведение земельного кадастра в СССР предусмотрено Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. Этот кадастр включает регистрацию всех землепользований, учет количества и качества земель, бонитировку почв и экономическую оценку всех земель единого государственного земельного фонда. – *Прим. ред.*

[5] С 1970 г. ведение водного кадастра в СССР предусмотрено Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик. Новый водный кадастр включает три серии – "Гидрологическую изученность", "Основные гидрологические характеристики" и "Ресурсы поверхностных вод СССР", каждая из которых состоит из нескольких десятков выпусков. – *Примеч. ред.*

и бонитет лесов; эти разности наносятся на лесные планы. Бонитировка на большей части площадей проведена лишь по аэрофотосъемке[6].

Следующая операция, требующая учета интересов охраны природы, – народнохозяйственное планирование. При составлении плана развития любой отрасли, потребляющей сырье из природных ресурсов, должен производиться расчет естественного или стимулируемого возобновления. При планировании застройки территории следует учитывать неизбежное уничтожение природных объектов и компенсировать его созданием объектов того же типа на близких расстояниях. При планировании мероприятий по преобразованию природы необходимо ясно представлять не только прямые, но и косвенные его последствия.

Отсюда очевидно, что соблюдение интересов охраны природы при планировании упирается в качество прогнозов. Спрос на прогнозы изменений природы сейчас резко увеличивается, приобретая в то же время все более комплексный характер. Естественно, что среди многих специалистов, которые должны этим заниматься, выдающаяся роль должна принадлежать физико-географам, изучающим природную среду комплексно. Другая важная задача – размещение народнохозяйственных объектов с учетом наличия сырья, рабочей силы, стоимости транспорта и т. д. – должна решаться с участием экономико-географов.

Поскольку с ростом населения площади городской застройки увеличатся, продуктивные площади, дающие сырье, соответственно уменьшатся. Поэтому необходимо, чтобы интенсивность производства сырья на оставшейся площади повышалась в обратной пропорции к уменьшению площади. Принцип расширенного воспроизводства требует, чтобы она росла даже несколько быстрее. В отношении возобновимых ресурсов это означает не только постоянное повышение урожаев на полях, но и ускоренное выращивание древесины в лесах, разведение рыбы в водоемах и т.д.

В Советском Союзе предпринимаются шаги в направлении осуществления описанных выше принципов планирования, идеальных с точки зрения правильного природопользования[7]. Создана целая серия научных советов при Государственном комитете по науке и технике Совета Министров СССР, объединяющих крупных ученых, работающих над разрешением проблем народного хозяйства. В частности, Совет по изучению производительных сил при Госплане СССР прямо призван помогать плановым органам в определении необходимой численности специалистов и в воспроизводстве природных богатств.

За планированием следует проектирование конкретных промышленных объектов. Здесь планы получают свое конкретное воплощение. От проектировщиков зависит, будет ли проектируемый комбинат комплексно потреблять сырье или оставлять груды отходов, будет ли он размещаться преиму-

---

[6] Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик, утвержденные 17 июня 1977 г., предусматривают в ст. 48 ведение государственного учета лесов и государственного лесного кадастра по единым для всего Союза ССР системам. – *Примеч. ред.*

[7] Планирование использования природных ресурсов с учетом их взаимной связи и с обеспечением их сбережения и восстановления на основе расширенного воспроизводства предусмотрено, например, ст. 14 Закона об охране природы в РСФСР. – *Примеч. ред.*

щественно на неудобных землях или займет площади продуктивных, ранее ровных полей, будет ли он экономить воду, работая на замкнутом цикле, или поглощать всю реку, сбрасывая потом в ее русло воду, загрязненную ядовитыми отбросами. Одним словом, станет ли комбинат органической частью ландшафта или будет дисгармонировать с ним, распространяя вокруг себя запустение.

После ряда неудач, когда ради развития одной отрасли производства допускалось уничтожение больших природных ценностей и возникновение антисанитарных условий в значительных по площади районах, теперь в Советском Союзе стали подходить к новостройкам, по крайней мере крупнейшим, значительно более осторожно. Примером могут служить проекты новых оросительных систем в Средней Азии на базе вод Сырдарьи и Амударьи. Для оценки целесообразности их создания там тщательно изучаются возможные нежелательные последствия: вторичное засоление почв, ирригационная эрозия, высыхание Аральского моря, ухудшение климата в некоторых районах, увеличение оледенения Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Специалисты всех отраслей географической науки пытаются дать прогнозы, высказать соображения, как свести нежелательные последствия к минимуму, оценить возможные потери и сравнить их с ожидаемыми выгодами.

Такому обсуждению с привлечением ученых следовало бы подвергать все проекты, так или иначе затрагивающие целостность природы. Дело это настолько важное, что представляется необходимым создание при облпланах для экспертизы и выбора вариантов проектов областного значения системы институтов, в состав которых входили бы географы, геологи и биологи. Для аналогичной работы с проектами общегосударственного значения можно привлекать силы центральных институтов Академии наук и соответствующих ведомств.

Но и самые совершенные проекты не нанесут вред природе только при условии строгого соблюдения строительной организацией, а затем и самим производством предусмотренной технологии и режима работы предприятия. Для этого над ними должен осуществляться эффективный контроль. В настоящее время система такого контроля недостаточна, раздроблена и большей частью находится в подчинении тех самых ведомств, деятельность которых она призвана контролировать. Этим нарушается основной принцип действенности контроля. Необходимо подчинить всю систему проверяющих органов независимой государственности контрольной организации, построенной по типу РКИ, обладающей правом остановки работы предприятий путем прекращения финансирования[8].

Последним звеном в цепи мероприятий по охране природы является законодательство. В СССР еще нет общесоюзного закона об охране природы, и отчуждение из природы естественных ресурсов регулируется частными постановлениями по отдельным их видам, изданным в разное время, а также инструкциями и положениями, устанавливаемыми эксплуатирующими данный ресурс министерствами и ведомствами[9].

---

[8] См. сноску 7 на с. 166. – *Примеч. ред.*

[9] Принятые в период с 1968 по 1977 г. Основы законодательства Союза ССР и союзных республик, в том числе земельного, водного, лесного, санитарно-гигиенического и в области охраны недр, образуют целостный ансамбль основ отраслевого законодательства в области природопользования. – *Примеч. ред.*

Республиканские законы об охране природы изданы во всех союзных республиках в конце 50-х и в 60-е годы. Некоторые из них рассматривают только вопросы, касающиеся заповедных земель и культурных мероприятий по развитию у населения навыков бережного отношения к природе. Наиболее полно охватывает рассматриваемую проблему Закон об охране природы в РСФСР, принятый в октябре 1960 г. В нем содержатся следующие принципиально важные положения.

1. Перечисляются природные богатства, подлежащие государственной охране и регулированию их использования. К ним относятся земли, недра, воды (поверхностные и подземные воды, почвенная влага), атмосферный воздух, леса и иная естественная растительность, зеленые насаждения, типичные ландшафты, редкие и достопримечательные природные объекты, курортные местности, лесопарковые защитные пояса и пригородные зоны, животный мир (полезная дикая фауна).

2. Указываются те свойства каждого естественного ресурса, которые делают его ценным, а также те средства, при помощи которых он может поддерживаться в хорошем состоянии. Одновременно в этот закон включены запретительные пункты, в которых перечисляются разрушительные, противопоказанные способы использования данного ресурса.

3. Утверждается принцип расширенного воспроизводства, возобновления природных ресурсов, обеспечивающий не только удовлетворение текущих нужд страны, но и предусматривающий ее растущие потребности.

4. Мероприятия по охране природных ресурсов разделяются на основные этапы: количественный и качественный учет ресурсов, планирование их использования и контроль за исполнением законов и планов.

5. В области охраны природы, изымаемой из эксплуатации, устанавливаются различные формы и степени заповедания, а главное, утверждается принцип, гласящий, что территория заповедников изымается из хозяйственного использования навечно.

6. Обращается внимание на важность учета существующих в природе и в народном хозяйстве взаимосвязей. Такой учет позволяет при развитии одной отрасли хозяйства обеспечить интересы всех других. Это указание следует рассматривать как напоминание о необходимости комплексного подхода к планированию.

При большом прогрессивном значении Закона об охране природы в РСФСР он, к сожалению, не устанавливает, какой орган несет ответственность за осуществление мер по ее охране, и не определяет наказаний за нарушение установленных правил и запретов. Возможно, что эти пункты как раз должны явиться основным содержанием общесоюзного закона.

Огромная роль в решении проблем, связанных с использованием природных богатств, отводится науке. В СССР есть республиканские общества охраны природы. Это широкие общественные организации, объединяющие всех лиц, заинтересованных в охране природы и желающих внести свою лепту в это дело. Они проводят полезную работу: выдвигают из своей среды общественных инспекторов, наблюдающих за чистотой рек, сохранностью лесов, рыбы, дичи, борющихся с браконьерами, сигнализирующих о замеченных нарушениях. Кроме того, общества организуют дни леса, дни птиц и т. п., во время которых их члены сажают деревья, ставят скворечники и кормушки для птиц и пр. Общества способствуют

изданию литературы и плакатов по охране природы. В последнее время Всероссийское общество по охране природы является инициатором проведения областных совещаний по охране природы с участием областных исполнительных комитетов, на которых планируются природоохранные мероприятия по области, назначаются ответственные исполнители и сроки.

Кроме обществ охраны природы, участие в этом деле принимают самые широкие круги общественности. Географическое общество Союза ССР, Московское общество испытателей природы, многие дома ученых и другие организации имеют в своем составе секции, ведущие работу по охране природы, организующие экспедиции по поиску мест, подходящих для заповедания. Особенно хорошо эта работа поставлена в республиках Советской Прибалтики.

Рассмотрим теперь несколько подробнее состояние отдельных ресурсов.

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Земельный фонд СССР составляет 2227 млн. га. Из них распахано около 240 млн. га. (Земельные ресурсы. . . , 1965). Процент распаханности велик, в лесостепной и степной зонах он колеблется от 45 до 83. Это больше, чем во многих странах с развитым сельским хозяйством. Дальнейшее увеличение пашни возможно только ценой дорогостоящих мелиораций.

Земля представляет собой самый ценный ресурс государства. На ней и в ее недрах развиваются все другие ресурсы. Поэтому вызывает беспокойство все расширяющееся использование земли для целей, не связанных с сельским хозяйством, – вывод из севооборотов больших площадей под застройку и дороги. Конечно, бóльшая часть таких отводов необходима, но их можно делать не на пашнях, а на неудобях. С целью поощрить более бережное отношение к земле изучается вопрос о введении дифференцированной платы за нее (Шкредов, 1967).

Помимо "технической эрозии", наши земли часто страдают от ускоренной водной и ветровой эрозии (дефляции). Эти потери также нельзя рассматривать как естественные, они – результат неправильного или небрежного ведения хозяйства.

Ускоренная эрозия возникает всегда, когда воды осадков стекают по склонам, сопротивляемость которых ослаблена пахотой или перевыпасом. Сначала на поле образуется сеть так называемого струйчатого размыва. Ниже по склону отдельные водороинки, соединяясь, образуют промоины, которые уже не могут перепахиваться тракторным плугом. Промоины, в свою очередь, перерастают в овраги, непрерывно углубляющиеся, расширяющиеся и растущие отвершками в результате пятящейся эрозии. При близком расположении оврагов пахать между ними нельзя и весь край поля, пораженный эрозией, запускается в залежь. Если поле ежегодно распахивается на стадии струйчатого размыва, линейной эрозии не возникает, поле остается ровным, но почвенный слой постепенно утончается, пока на поверхность не выступает бесплодная материнская порода.

Эрозия развивается везде, где распашке подвергаются склоны при наличии значительных амплитуд рельефа, а именно на Среднерусской, Приволжской, Азово-Подольской и других возвышенностях, в предгорных районах и по берегам рек.

Средства борьбы с эрозией хорошо разработаны, но еще слабо внедрены в жизнь. Для ее осуществления требуется сочетание организационно-технических, агротехнических, лесомелиоративных и гидромелиоративных мероприятий.

Организационно-технические мероприятия заключаются в правильном противоэрозионном землеустройстве, расположении всех полей длинной стороной поперек склона, введении на эрозионно опасных полях почвозащитных севооборотов с максимальным количеством многолетних трав и минимальным – кормовых культур, в залужении или облесении балок и эродированных склонов.

Агротехнические меры сводятся к зяблевой пахоте и пахоте поперек склона на слабонаклонных полях (приблизительно до 3°), а на более крутых, кроме того, к созданию водозадерживающего микрорельефа путем прерывистого бороздования, щелевания и контурной пахоты.

Лесомелиоративные средства оказывают весьма сильное и разностороннее действие. Они заключаются в создании на наклонных полях сети водопоглощающих лесных полос на достаточно близких расстояниях, прибровочных полос и сплошных насаждений на неудобных землях.

Наконец, гидромелиоративные мероприятия нужны не везде, а лишь на наиболее эрозионно опасных склонах и в овражно-балочной сети. Они заключаются в обваловании и террасировании склонов, устройстве водозадерживающих и водопропускных сооружений в головах оврагов, запруд в их днищах и плотин в балках (Козменко, 1954).

К эрозионным явлениям относятся и ирригационная эрозия – размыв дна борозд поливными водами, распространенный в предгорьях гор Средней Азии и Кавказа, и селевые потоки (водокаменные и грязекаменные), возникающие во время больших ливней в горах Средней Азии, Кавказа, Крыма, Карпат и даже в холмистых районах Молдавии, когда стекающая вода находит достаточно пищи на крутых склонах с вырубленным лесом или расстроенных чрезмерным выпасом.

Потенциально опасны в отношении дефляции 50–60 млн. га, но фактически урожай повреждается ежегодно на площади, в 10 раз меньшей (Земельные ресурсы..., 1965). Наиболее сильная дефляция сопровождается глубоким развеванием почвы в одних местах и насыпанием ее валами и кучами – в других. Иногда дефляция приобретает характер пыльных бурь. При сильном ветре и иссушенной поверхности земли мелкие частицы почвы поднимаются в верхние слои тропосферы и уносятся иногда за тысячи километров. Так, например, во время сильных пыльных бурь в 1892 и 1928 гг. украинские и кубанские черноземы отлагались в Болгарии, Румынии и Польше.

Дефляцию не следует смешивать с суховеями. Суховеи – род засухи, возникающей обычно при слабом, но очень сухом ветре, который иссушает растения, не повреждая механически ни их самих, ни почву. Средствами против дефляции и суховеев являются безотвальная пахота с оставлением стерни на поверхности, полосные посевы культур, вызревающих в разное время, кулисы высокостебельных растений, ажурные ветроломные полосы. Цель у них всегда одна – не оставлять почву голой и создавать на пути ветра максимум препятствий из живых или мертвых растений.

Если к охране природы относить меры не только по консервации, но и по

улучшению, обогащению природы, то необходимо сказать несколько слов о мелиоративных мероприятиях, затрагивающих два главных ресурса – землю и воду.

Как известно, существуют два основных вида мелиорации: орошение земель, страдающих от недостатка влаги, и осушение земель, страдающих от ее избытка. Но есть также обширные районы с неустойчивым увлажнением, где многоводные годы чередуются с засушливыми (например, Полесье), нуждающиеся в так называемом двустороннем регулировании, при котором земли нужно то орошать, то осушать. К сожалению, этот метод у нас почти не применяется.

Главные районы осушения – Прибалтика, Полесье, Мещера, плавни в дельтах Волги, Дуная, Кубани. Методы дренажа постепенно совершенствуются: вместо открытой дренажной сети во многих районах строится закрытая, с гончарными трубами. Там, где болота питаются грунтовыми водами, применяют вертикальный дренаж. Повышается уровень культурно-технических работ. Осушенные земли передаются сельскому хозяйству в лучшем состоянии, чем раньше, и можно надеяться, что процент вторичного заболачивания снизится.

На орошаемых землях в результате постройки оросительных сетей без дренажа, фильтрации воды в почву из магистральных и распределительных каналов, отсутствия планировки полей, неурегулированности поливных норм возникает вторичное засоление. Со всеми этими недостатками ведется борьба: строятся дренажные сети, во избежание фильтрации все большее число каналов сооружается в бетонных лотках и трубопроводах, планировка полей включается в обязанности строительной организации, строящей сеть. Ужесточаются поливные нормы, но их правильное применение зависит и от подготовки кадров.

За последние годы большие работы по орошению велись в зоне Каракумского канала, в дельтах Амударьи и Сырдарьи, в Голодной степи, в зоне Крымского канала и в Ростовской области. На очереди – орошение Заволжья и Прикаспийской низменности. Дальнейшее увеличение забора воды из Амударьи и Сырдарьи чревато исчезновением Аральского моря. Однако мнение большинства ученых склоняется к тому, что им надо пожертвовать ради увеличения орошаемых площадей, а ухудшения климата при этом не произойдет[10].

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Из общего устойчивого стока поверхностных и подземных вод в пределах СССР на его Европейскую часть приходится 1029 км^3, а на Азиатскую – 3325 км^3 (не считая 300 км^3 формирующихся за пределами нашей страны). Таким образом, по суммарным запасам воды СССР уступает только Бразилии. Однако территория Советского Союза занимает

[10] Теперь уже нельзя утверждать, что такого представления придерживаются большинство ученых. Уже начавшееся падение его уровня отрицательно влияет на уровень грунтовых вод в широком поясе приаральских оазисов и на другие особенности ландшафта; поэтому сейчас часто ставится вопрос не об уничтожении, а о спасении Арала. – *Примеч. ред.*

16% всей суши, и если это учесть, то окажется, что ни один из элементов водного баланса такой величины не достигает; на полный речной сток приходится всего 11,2% мирового стока, а валовое увлажнение территории достигает 9,2% (Львович, 1974). К тому же из общего речного стока 80% приходятся на реки Сибири, Севера и Дальнего Востока, и, следовательно, он орошает только малонаселенные районы. Режим рек непостоянен, зимой некоторые из них промерзают до дна, весной бурно разливаются, а летом почти высыхают, и только $^1/_3$ стока можно использовать в течение всего года.

Таким образом, пресной водой мы отнюдь не богаты, и она подлежит строжайшей экономии. В дальнейшем нам не обойтись без развития многолетнего регулирования стока.

Другими ресурсами повышения водообеспеченности являются сохранение почвенной влаги путем улучшения агротехники (зяблевая пахота), ограничения транспирации растений (с помощью лесных полос), перевод промышленности на замкнутый оборот используемой воды, а части горячих производств и энергетики на воздушное охлаждение, направление коммунальных сточных вод на сельскохозяйственные поля орошения (Львович, 1967).

Количественное истощение водных источников усугубляется их качественным истощением в результате сброса промышленных стоков, очистка которых во всем мире недостаточна.

Особый источник загрязнения представляет лесосплав. Часть бревен при молевом сплаве тонет, уничтожая на некоторых участках нерестилища; гниющее корье поглощает из воды кислород и отравляет реку дубильными веществами.

В СССР ведется борьба за чистоту воды. Этот пункт включен в план всех бассейновых управлений. Некоторые нефтеперерабатывающие заводы в городах, расположенных на Волге, сконструировали оригинальные сооружения для улавливания нефти, после чего значительно уменьшилось ее количество в волжской воде. В Туапсе и Шевченко строятся сооружения для предотвращения загрязнения моря нефтепродуктами. Отдельные заводы, например на Украине, уже переведены на оборотное водоснабжение. Значительные успехи достигнуты в очистке р. Москвы на участке от Москвы до Коломны. Повсеместно для наблюдения за сбросными водами мобилизуются силы общественных инспекторов Общества охраны природы.

Однако этих мер все же недостаточно. Пока промышленные предприятия не осознают недопустимость загрязнения и не разработают новой "сухой" технологии, реки и другие водоемы будут загрязняться. Ключ к решению проблемы – это введение платы за воду: и за забор чистой, и за сброс грязной[11].

Проблемой, тесно связанной с охраной вод, но затрагивающей также охрану земли, является дальнейшее строительство водохранилищ. Вода и земля выступают при этом в качестве антагонистов. Чем больше будет

[11] Проблема платы за воду широко обсуждалась при разработке Основ водного законодательства, но продолжает оставаться дискуссионной, встречая как поддержку, так и возражения специалистов. – *Примеч. ред.*

водохранилищ, тем более полное регулирование рек будет достигнуто, тем больше воды будет сбережено для народного хозяйства, но одновременно тем больше угодий будет затоплено, больше земли изъято из обработки. . Важно организовать комплексный учет всех последствий строительства водохранилищ на равнинных реках, правильно подсчитать все выгоды и убытки, которые оно принесет, и тогда принять решение в интересах всего государства. Кроме того, необходимо ввести в практику инженерное ограждение территорий, которые должны затопляться на небольшую глубину, ограждение не только городов, но и сельскохозяйственных земель. Важно также обеспечивать сохранение паводков и ланшафтов пойм в нижних бьефах плотин водохранилищ.

За соблюдением правил водопользования в СССР следят бассейновые инспекции республиканских министерств мелиорации и водного хозяйства, санитарные инспекции, рыбоохрана и горный надзор, в ведении которого находятся подземные воды, а также многочисленные инстанции, дающие разрешение на водозабор и водосброс.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Следующая большая проблема – лесное хозяйство. В стране в целом не выбирается даже годовая лесосека, но вырубка лесов производится крайне неравномерно. В то время как в районах Сибири и Севера леса перестаивают, вдоль удобных для вывоза дорог и сплавных рек они активно вырубаются.

Правда, лесопосадки быстро растут. Так, в 1967 г. было проведено искусственное возобновление лесов на площади 1,2 млн. га, примерно на такой же площади были приняты меры содействия естественному возобновлению. Но все же площади, охваченные и теми и другими мероприятиями, в совокупности значительно не достигают вырубленной площади. Увеличивается только площадь лесов на отдельных участках, например в Московской области и на Карпатах, где площади лесонасаждений уже превысили вырубаемые. Хорошо облесились Алешковские пески на Днепре. Однако это не дает повода для успокоения.

Когда лес вырубается сверх годовой лесосеки, заготовители вынуждены рубить все более молодые деревья, и насколько бы ни были велики площади посадок, кубатура леса, запас древесины уменьшаются.

Особенно страдают горные леса от сплошных или условно-сплошных рубок. При трелевке гусеницами тракторов и стволами уничтожается подрост, сдирается почва, на восстановление которой нужны тысячи лет. В результате в горах усиливаются селевые потоки, иссякают горные источники и реки.

Очевидно, для рубки и вывоза леса на крутых слонах нужны более строгие правила и более совершенная техника (канатные дороги, вертолеты, дирижабли).

Другой недостаток нашей лесной промышленности – большие неиспользованные отходы и гибель на лесосеках, при сплаве и в заводях нетоварной древесины. Это большей частью объясняется невыгодностью доставки низких сортов древесины к местам переработки. Приближение деревообрабатывающей, лесохимической и целлюлозно-бумажной про-

мышленности к лесосекам реализуется медленно. Все еще страдают леса от пожаров. Образовавшиеся пожарища в лучшем случае зарастают ольшанником и осинником.

За последнее время большие успехи достигнуты в деле борьбы с насекомыми – вредителями леса. Разработаны и испытаны в пробных лесничествах физические методы лова и уничтожения непарного шелкопряда.

Лесное хозяйство СССР можно будет считать вполне оздоровленным, когда оно будет стремиться к достижению оптимальной лесистости. Последняя должна определяться для каждой местности на основе сочетания ее природных условий, экономического развития и плотности населения. В первом приближении оптимальная лесистость вычислена по зонам известным лесоводом А.А.Молчановым (1961) следующим образом: в тайге и северной половине подзоны смешанных лесов она должна достигать 30–40%, в южной половине этой подзоны и в лесостепи – 20–25%, в степи – 10–12%. В степи и лесостепи леса для достижения этой нормы не хватает, и там необходимы большие посадки. В северных районах лес можно вырубать не более чем до указанной нормы.

Площадь сенокосов и пастбищ занимала в 1965 г. около 715 млн. га. В последние годы в кормовом балансе скота большое место заняли кормовые культуры, высеваемые на полях и используемые преимущественно в виде силоса. Но полевое кормодобывание отнюдь не вытеснило естественные кормовые угодья, которые по-прежнему занимают видное место в балансе кормов.

Многие земли, непахотопригодные из-за излишней влажности, сухости или пересеченного рельефа, пока невыгодно трансформировать в пашню: для этого потребуется дорогостоящая фундаментальная перестройка их природы. Целесообразнее оставить их под дикими травами, или совсем не расходовать денежных средств, или повысить их урожайность путем простых мелиораций и предоставить скоту самому находить свой корм, собрать который с помощью каких-либо технических средств подчас невозможно.

При слишком плотном выпасе луга вырождаются, почвы уплотняются, становятся водонепроницаемыми, подвергаются эрозии. Всего этого удается избежать в передовых хозяйствах путем боронования, дискования, срезания кочек, подсева ценных кормовых трав, осушения, организации пастьбы и правильного пастбищеоборота. Такие хозяйства успешно работают, например, в республиках Советской Прибалтики.

Земельный кадастр позволит упорядочить пользование травами. Будут выявлены земли, находящиеся под сенокосом и выпасом, но пригодные для трансформации в пашню, и, наоборот, земли, находящиеся под пашней, но сильно смытые и подлежащие залужению во избежание дальнейшего разрушения.

Особо следует остановиться на судьбе пойм, на которых исстари находились лучшие сенокосы и пастбища и которые давали в три укоса до 80 и даже до 120 ц сена с 1 га. В 50-х годах их пытались усиленно распахивать. Как правило, это привело только к сокращению кормовых ресурсов. Почва с пойм смывалась при первом же паводке или заносилась песком или галькой. Выяснилось, что распашка допустима только на высоких поймах и поймах, покрываемых медленно текущими водами.

Эти земли не размываются, и на них хорошо удаются огородные культуры.

Сейчас предпринимаются шаги для освоения под сенокосы богатейшей обской поймы шириной 10–20 км. Для этого создаются машинно-животноводческие станции и им придается соответствующая техника. Налаживается производство витаминной травяной муки, что открывает возможность перевозки кормов на большие расстояния. Наконец, ведутся опыты по озеленению пустынь частично древесными (саксаул) и частично кустарниковыми и травянистыми растениями, которые хорошо поедаются овцами и верблюдами.

Уход за дикорастущими травами в последние годы улучшился. В частности, прилагаются усилия для выращивания хорошего травостоя в степных балках, которые к настоящему времени остались единственным представителем фонда пастбищных угодий в степной и лесостепной зонах. К сожалению, еще мало делается для осушения 13 млн. га болот и расчистки 2,5 млн. га закустаренных зарослей в лесной зоне, которые могли бы быть превращены в хорошие луга[12]. Во многих районах северной части СССР созданы крупные животноводческие совхозы, которые, однако, недостаточно осваивают отведенные им угодья и даже иногда допускают закустаривание и зарастание ольхой и осиной ранее расчищенных пространств.

Кроме естественных кормовых угодий, в охране нуждаются отдельные виды растений, являющиеся лекарственным и техническим сырьем, а также отдельные редкие и исчезающие виды. Заготовка лекарственного сырья ведется аптекоуплавлениями с помощью частных заготовителей без соблюдения каких-либо норм и мер предосторожности и нередко заканчивается даже полным истреблением добываемого растения в том или ином месте его обитания. Так, стали редкими солодковый корень, валериана, ликоподий, толокнянка, цитварная полынь, белладонна, герань лесная и т.д. А между тем около 40% лекарств, применяемых фармакологией, имеют растительное основание. Выход, очевидно, заключается в том, чтобы вводить лекарственные растения в культуру[13].

РЕСУРСЫ ЖИВОТНОГО МИРА

Численность видов промысловых животных (за некоторыми исключениями) все более уменьшается, а некоторые виды находятся под угрозой истребления. Причины этого – уничтожение лесов, распашка, прокладка дорог, осушение болот, постройка плотин, загрязнение водоемов и, конечно, неумеренные охота и рыбная ловля. Впрочем, судьба разных видов складывается различно.

Среди зверей, которым "повезло", следует в первую очередь отметить

---

[12] В ходе работ, развернувшихся в последние годы в связи с задачами возрождения сельскохозяйственной продуктивности Нечерноземья, интенсифицировались не только работы по осушению болот в пределах этой территории, но и по организации охраны части болот от осушения в случаях, если они имеют водоохранное значение. – *Примеч. ред.*

[13] В последние годы во многих районах местные органы власти ввели запрет или ограничения на заготовку ряда видов растений, оказавшихся под угрозой исчезновения. – *Примеч. ред.*

соболя. До 1934 г. продолжалось его беспощадное истребление, но в этом году на ряд лет был объявлен запрет на охоту. Из заповедников соболь был завезен во многие места его былого распространения и быстро размножался. Поэтому запрет охоты на соболя был снят, и в настоящее время он является важным промысловым объектом.

С 1930 г. была запрещена охота на бобра, сохранившегося к этому времени лишь в Полесье, Воронежском заповеднике и на Северном Урале. Его также очень активно расселяли, и сейчас он распространен не меньше чем в 50 областях РСФСР, Белоруссии, Украины и Эстонии. Уже можно начинать ограниченную добычу бобров (700–900 шт.)[14].

Менее счастливо складывались обстоятельства для куницы, выдры, белки и других пушных зверей, охота на которых не прерывалась. В отношении использования их ресурсов возникла диспропорция: почти полное истребление близ городов, путей сообщения, районов лесозаготовок и недопромысел в отдаленных и труднодоступных районах.

Из копытных животных в последние годы значительно увеличилась численность лося, на которого также был объявлен запрет, после чего он сильно размножился и распространился в новых районах. Предположительно численность лосей держится на уровне около 0,6 млн. голов. Ведется его лицензионный отстрел.

На грани полного исчезновения находится винторогий козел, очень малочислен кулан. Сильно поредели стада некоторых подвидов оленей, горных баранов и особенно джейранов. Возникла необходимость охраны диких северных оленей. Некоторые виды копытных сейчас усиленно восстанавливаются.

Объявлен полный запрет охоты на зубров, моржей, белых медведей, амурских тигров и каланов.

В свое время большое значение имела охота на птиц, особенно на боровую дичь. Наибольший удельный вес приходился на долю рябчика, который добывался в количестве до 5 млн. штук в год. Рябчик, так же как и белая куропатка, исчезает везде, где появляются лесозаготовки. На Европейской территории СССР боровая дичь обильна теперь только в наиболее северных районах. Причиной уменьшения ее количества являются уничтожение токовищ и разорение гнезд. Многие современные методы ведения лесного хозяйства несовместимы с жизнью промысловой фауны. При вырубке леса (также как при выкашивании тростниковых зарослей) необходимо оставлять полосы сообщения для животных, давая лесу форму сети.

Все труднее живется водоплавающей дичи. Осушение плавней и загрязнение воды в устьях южных рек СССР лишило ее многих гнездовий и откормочных станций. Большую ценность представляют те виды дичи, которые могут приспособиться к сельскохозяйственному ландшафту. Примером их является серая куропатка, которая может жить в лесных полосах и на неудобных землях. В Чехословакии она населяет культурную местность в количестве 200–800 штук на 1000 га (в СССР – 6–10 штук). Другие промысловые степные птицы – дрофа и стрепет – сохранились в нашей стране в ограниченном количестве.

[14] В 1978 г. его было добыто 5660 штук. – *Примеч. ред.*

В качестве мер по восстановлению промысловых животных и упорядочению охоты предлагаются точный учет всего их населения, определение количества каждого вида, которое можно отстреливать без ущерба для его популяции, организация некогда упраздненных охотничье-промысловых объединений, учреждение большого числа заказников. Эти меры уже принимаются, хотя недостаточно энергично. Можно думать, что, когда этот процесс станет полностью плановым, для размножения животных будут резервироваться достаточно большие убежища.

Помимо промысловой охоты, большую роль в снижении численности промысловых животных играет спортивная или любительская охота, не приносящая дохода государству и не способствующая созданию условий для культурного отдыха в природе. Вся Европейская территория СССР (кроме Крайнего Севера), Средняя Азия и полоса вдоль железных дорог в Сибири, в сущности, находятся в распоряжении охотников-любителей, и именно они ответственны за резкое уменьшение плотности фауны на этих территориях.

В связи с этим было внесено немало предложений: о введении запрета на ряд видов дичи, о сокращении сроков охоты, о разрешении охотиться только членам охотничьих обществ, о повышении членского взноса в них, об ограничении продажи охотничьего оружия, усилении контроля и борьбы с браконьерством и самое радикальное — о полном запрете продажи ружей и боеприпасов, так же как самой охоты. Количество охотников-любителей в последнее время возрастает такими темпами, что полумеры вряд ли могут помочь. Число зарегистрированных охотников-спортсменов вместе с промысловиками достигает 2 млн., но на деле их гораздо больше.

Не будь спортивной охоты, даже в густонаселенных районах СССР можно было бы организовать промысловую. Вне промысловых районов ресурсы сухопутных животных представляют сейчас скорее научную и эстетическую, чем экономическую, ценность, поскольку в рационе питания они заменяются мясом домашнего скота.

Роль рыбы в противоположность мясу диких животных по-прежнему очень велика.

Рыбная промышленность в Советском Союзе быстро развивается. Вылов рыбы в 1968 г. возрос по сравнению с 1913 г. примерно в 7 раз. Но из рек, озер и внутренних морей лов рыбы все больше переводится в отдаленные районы океана. Уменьшение с течением времени запасов рыбы во внутренних водах в некоторой степени компенсируется (правда, более низкокачественной рыбой) путем усиленного зарыбления. Рыболовство во все большей мере становится отраслью рыбного хозяйства и в нем укореняется принцип: что посеешь, то и пожнешь.

Хозяйственное освоение дальнего морского лова было, безусловно, большим достижением. Мощность рыболовного флота все время возрастает, причем для лова применяются различные технические новинки. Однако ученые предсказывают, что в недалеком будущем возникнет необходимость подкормки даже океана и разведения океанических рыб. На основе международных конвенций, в которых участвует СССР, промысел рыбы в некоторых районах океана ограничен.

Увеличивается добыча и морского зверя. Численность некоторых видов

уже чрезмерно понизилась. В частности, китов в Мировом океане осталось не более 40 тыс.[15] Советское правительство показало хороший пример всему миру: оно запретило лов дельфинов в Черном море.

Плохо обстояло дело с моржами, быстро истребляется (промышленниками разных стран) гренландский тюлень. Резко сократилось стадо котиков в результате хищнического боя его иностранными компаниями, а в прошлом и нашими заготовителями. Однако теперь в этом деле наведен порядок, и котики на Командорских островах вновь размножаются[16]. В районе Курильских островов возрастает также численность каланов.

Единого закона об охоте в СССР нет. Охота регламентируется различными актами и правилами, издаваемыми местными органами.

Важная отрасль хозяйства — акклиматизация животных. В этой области у советских зоологов было много как успехов, так и неудач. Успешным оказалось переселение в наши реки нутрии и ондатры, которые приносят большой доход (однако ондатра является переносчиком туляремии и омской геморрагической лихорадки). Неудачным было переселение енотовидной собаки, которая в новых местах сильно размножилась, но выяснилось, что она уничтожает домашнюю и дикую птицу и подвержена бешенству. Более благополучно прошло переселение в новые водоемы ряда рыб, хотя отдельные неудачи отмечены и здесь. В итоге возникла тенденция острожнее интродуцировать новые виды и отдавать предпочтение реакклиматизации видов, ранее водившихся в данной местности и впоследствии исчезнувших.

НЕИСЧЕРПАЕМЫЕ РЕСУРСЫ

Если возобновимые ресурсы используются в основном чрезмерно, то неисчерпаемые, наоборот, недоиспользуются. Основная причина, общая для всего человечества, — это отсутствие рентабельных трансформаторов, технических или биологических, способных перерабатывать энергию Солнца, ветра и морского прилива в другие легко усваиваемые виды энергии.

Земля получает в год около $5 \cdot 10^{20}$ ккал солнечной энергии. Из этого количества лишь 1% потребляется растительностью на производство биомассы. С большим трудом человеку иногда удается удвоить эту цифру. Чтобы полностью использовать хотя бы этот 1%, у нас вводят пожнивные посевы, осушают леса, подбирают сорта плодовых деревьев на юге так, чтобы они приносили урожай в течение большей части года и т.д.

Одновременно делаются попытки улавливать солнечную энергию с

---

[15] С конца 40-х годов начали действовать международные ограничения выбоя отдельных видов китов. С 1972 г. осуществляется международный контроль за китобойным промыслом. — *Примеч. ред.*

[16] В СССР морские котики охраняются также на о-ве Тюленьем близ Сахалина, где, как и на Командорских островах, они служат объектами строго ограниченного промысла. В США подобная охрана и добыча котиков ведется на о-вах Прибылова. С 1957 г. промысел котиков на севере Тихого океана регулируется конвенцией, которую заключили СССР, США, Канада и Япония. — *Примеч. ред.*

помощью технических средств. Современные фотоэлементы, превращающие лучистую энергию в электрическую, имеют коэффициент полезного действия до 0,13. Пока еще производство электроэнергии таким путем невыгодно. Но солнечные нагреватели, дающие горячую воду для бытовых нужд и сельского хозяйства, уже успешно применяются в Средней Азии.

Еще плохо используется сила ветра. С 30-х до 50-х годов общая мощность ветряных мельниц в нашей стране снизилась со 100 тыс. до 20 тыс. кВт. Мелкие потребители теперь предпочитают подключиться к крупным электрическим сетям, которые всегда находятся под напряжением и не зависят от силы ветра. Ветряные двигатели используются только кое-где, например для приведения в действие водокачек. Вместе с тем в СССР на территории площадью в 1,6 млн. км^2 в наиболее ветренных районах можно было бы построить ветросиловые станции мощностью 1000–2500 кВт на каждый квадратный километр, а на 8 млн. км^2 – по 500–1000 кВт. Делаются попытки использования морского прибоя и приливов.

Использованию солнечной радиации препятствует загрязнение воздуха промышленными выбросами, а также в результате пыльных бурь и лесных пожаров. Последние два явления хотя и приносят вред, но наблюдаются только в отдельные дни. Зато трубы фабрик и электростанций дымят постоянно.

Частицы дыма рассеивают свет и не пропускают его до земли. Особенно сильно они срезают ультрафиолетовую часть спектра, которая в небольших дозах необходима для здоровья людей, особенно детей. Газы и дым, оседая на траве, наносят вред скоту, вызывая у него заболевания, снижая удои и шерстность, нанося ущерб приплоду. В окрестностях крупных промышленных центров радиация ослабляется в такой степени, что это существенно отзывается на сроках созревания культурных растений и их урожае.

Твердые и острые частички пыли, выбрасываемые цементными заводами и изобилующие в воздухе некоторых шахт, ранят легкие и вызывают легочные и глазные заболевания. Окислы серы, азота и металлов, сероводород, хлор, фенол, обычно содержащиеся в выбросах металлургических и химических заводов, вызывают головные боли, кашель, малокровие. Антициклональные синоптические условия сильно способствуют скоплению и застою загрязненного воздуха и его болезнетворному действию. Весьма вредным является вдыхание тумана с дымом, называемого в Англии смогом. Условия для его образования возникают зимой и в районе гидроэлектростанций Сибири, где незамерзающая поверхность реки соседствует с фабричными трубами.

В СССР ведется борьба с загрязнением воздуха. Установлены предельные нормы на многие десятки видов атмосферных загрязнений. Теплоэлектроцентрали и промышленные предприятия переводятся на отопление газом. Устанавливаются очистные сооружения.

Одной из трудных проблем является борьба с неполным сгоранием газа на уличном транспорте. В настоящее время разрабатываются присадки к топливу и приспособления к глушителям, которые должны противостоять этому явлению. Эффективной мерой считается насажде-

ние по сторонам улицы двух полос зелени шириной по 10 м. К сожалению, это далеко не везде возможно.

Зеленые насаждения являются лучшими защитниками от пыли. Анализами доказано, что воздух парков содержит в 200 раз меньше пыли, чем воздух прилегающих улиц. Один гектар лиственного леса задерживает в своей листве 68 т пыли. Поэтому в СССР рекомендуется высокая норма озеленения городов – 25–30 $м^2$ на человека; в ближайшее время она должна быть доведена до 30–40 $м^2$. Необходимо также создание зеленых зон вокруг городов.

НЕВОСПОЛНИМЫЕ РЕСУРСЫ

Эти ресурсы чрезвычайно велики. Прежде чем истощится старое месторождение угля, нефти или руды, геологи в других местах страны открывают новое, еще более богатое. Горная промышленность успешно снабжает нашу энергетику и тяжелую промышленность сырьем, и не было случая, чтобы они испытывали затруднения из-за отсутствия разведанных запасов.

Но даже в том случае, если до истощения наших недр еще очень далеко, мы не вправе относиться к ним расточительно. Постройка шахт, карьеров, обогатительных фабрик обходится очень дорого, и строить их для того, чтобы потом плохо использовать, – непозволительная роскошь.

Плохое использование месторождений заключается в неполной выработке пластов, некомплексной добыче сырья. Таких примеров много. При добыче железных руд часть их обычно выбрасывается в отвалы с пустой породой; значительная доля нефти оставляется в земле; велик процент потерь в процессе добычи и переработки слюды; в каменоломнях остается много строительного камня. Полиметаллы, обычно встречающиеся "семьями", добываются некомплексно. Потом, когда возникает надобность в одном из недобытых компонентов, начинают перерабатывать "хвосты", часто унесенные рекой и переотложенные на большом пространстве.

В СССР разработано немало способов для полного извлечения полезного ископаемого из вмещающей породы. Среди них – измельчение руд, закачка воды в нефтяные месторождения и др.

При добыче полезных ископаемых происходит сильное нарушение земной поверхности. На каждую тонну добытого полезного ископаемого приходится переворачивать несколько тонн пустой породы. Опытами установлено, что выработки проще всего превращать в пруды, а отвалы после их удобрения залесять или, если климатические условия препятствуют произрастанию леса, залужать. Там, где выработка ведется шахтами, на поверхности возникают терриконы. Теперь их также пытаются озеленять; для этого предварительно их надо сположить, разровнять, террасировать и навозить на них слой земли под посадки. В последнее время породы, слагающие терриконы, стали свозить в овраги, если такие поблизости имеются[17].

---

[17] О развитии рекультивации в СССР см. с. 152 в очерке "Изменение географической среды человеком". – *Примеч. ред.*

В результате работы предприятий горной промышленности происходит нарушение не только земной поверхности, но и гидрологического режима. Откачка воды из открытых выработок и шахт понижает уровень грунтовых вод, причем депрессия может распространяться на десятки километров. Откаченная вода поступает в реки; она содержит огромные количества солей и других примесей.

ЗАПОВЕДНИКИ

Обратимся к отрасли охраны природы, которую мы в начале нашего очерка условились называть заповеданием, а также к области ее "невидимых полезностей". Здесь дело обстоит следующим образом.

Задача заповедников СССР была сформулирована Совещанием по научно-исследовательской деятельности заповедников, состоявшемся в 1963 г. Совещание решило, что они должны в основном заниматься изучением природных процессов на изъятой из хозяйственного пользования территории с целью разработки приемов сохранения, расширенного воспроизводства и рациональной эксплуатации природных ресурсов. Эта задача сводится к изысканиям пользы, которую можно извлечь из ресурсов, аналогичных имеющимся на территории заповедника.

Это исследовательская задача, но ею научная тематика заповедников не исчерпывается. В них исследуются закономерности развития живой и неживой природы также безотносительно к приносимой ею непосредственной пользе. Расширение человеческих знаний всегда полезно, и никогда нельзя сказать, когда то или иное открытие приобретает большое практическое значение. В области живой природы это стало особенно очевидно после возникновения бионики – науки, ставящей целью изучение организмов ради перенесения принципов их устройства на создаваемые человеком механизмы. Бионика делает поразительные успехи, но для этого ей надо иметь постоянно в своем распоряжении полный набор всевозможных видов животных и растений, существующих на Земле.

Человек в погоне за еще одной шкурой или несколькими килограммами мяса легкомысленно истребил последние экземпляры ряда видов животных. Этот процесс продолжается. Поэтому и необходимы заповедники, достаточно обширные и располагающие всевозможными местообитаниями для сохранения и воспроизводства исчезающих видов.

Заповедники СССР прилагают усилия для решения этой задачи. Их сотрудниками выполнены тысячи научных работ, как утилитарных, так и более отвлеченных. Многие заповедники стали базой для проведения работ научно-исследовательских институтов и незаменимым местом практики студентов географических, геологических и биологических факультетов. Но они являются не единственной формой связи науки с природой. Она осуществляется также через опытные станции разного направления, ботанические сады, дендрарии, питомники, различные лаборатории в природе и т.д.

САНИТАРНАЯ ЗАЩИТА ПРИРОДЫ И ОТДЫХ

Особый раздел охраны природы — соблюдение санитарных норм, обеспечивающих здоровую среду существования человека[18]. Собственно предупреждение заболеваний, вызванных климатическими невзгодами, изобилием или недостатком микроэлементов и паразитами, берет на себя родственная отрасль — медицинская география. В сферу же охраны природы обычно включается защита от вредных влияний таких факторов, которые сами по себе являются нейтральными, но становятся вредоносными под воздействием человека. К ним в первую очередь относятся воздух и вода. Относительно их загрязнения отходами производства и жизнедеятельности общества, превращающих их в источники всевозможных заболеваний уже говорилось выше.

Отдых в природе ничем не заменим. Все городские виды отдыха — в кино, у телевизора, на танцплощадке — включают элемент эмоционального возбуждения и не дают нервной системе полного покоя, который испытывает человек лицом к лицу с природой. Поэтому чем больше людей будет втягиваться в городскую жизнь, тем большее число сторон ее будут обслуживаться машинами, автоматами, механическими средствами транспорта; чем теснее человек будет окружен скоплением себе подобных, тем более он будет нуждаться в периодической разрядке, в относительном уединении среди лесов, лугов, вод или гор. Не меньший вред человеческой психике приносят и неизбежные спутники городской жизни — шум, напряженность темпов, избыточная информация. Особенно важно проводить на природе часть года детям — не только для защиты психики, но и для воспитания у них ряда полезных навыков, которые в городах приобрести невозможно. В дополнение к медицинскому термину "ландшафтотерапия", уже завоевавшему права гражданства, нарождается термин "ландшафтная педагогика".

В настоящее время очень многое делается для преодоления вредного влияния городов. Это выражается в жилищном строительстве и ликвидации расселения в комунальных квартирах, борьбе с шумом, организации пионерских лагерей, домов отдыха и санаториев, поощрении туризма и т.д.

Принимаются также меры к созданию зеленых колец или зон и народных парков. "Зеленые кольца" не надо понимать буквально: скорей всего, это будут разорванные пояса лесопарков, расположенных на некотором расстоянии от городов, чтобы дать последним возможность расти. Предполагается, что в них будет допускаться ограниченная эксплуатация природных ресурсов: выборочная рубка леса, сенокошение, рыбная ловля по лицензиям. Во всяком случае, эти зоны должны быть решительно ограждены от промышленных предприятий и дачного строительства. В них должны выделяться места для пансионатов и кэмпингов, спортивные зоны для молодежи, зоны массового туризма и зоны абсолютной тишины. Любители разных видов отдыха не должны мешать друг другу.

---

[18] В 1969 г. были приняты Основы законодательства Союза ССР и союзных республик в области здравоохранения, в которых специальные разделы отведены поддержанию санитарно-гигиенических качеств природы и предотвращению ее порчи. — *Примеч. ред.*

Там, где сохранились ландшафты, достойные стать народными парками, их надо взять под охрану; там же, где их нет, придется немало потрудиться специалистам зеленой архитектуры и гидромелиорациии над созданием привлекательных уголков природы заново. Экономистам надо подумать над тем, как удовлетворить хозяйственные потребности городов после частичного изъятия этих площадей из эксплуатации.

Необходимо включить создание народных парков как обязательную часть в планы развития городов, чтобы возведение в городе каждого жилого массива атоматически сопровождалось благоустройством соответствующей территории с ненарушенной природой, пусть даже удаленной от него на 20–50 км.

Пора признать, что "невидимые полезности" природы действительно полезны, так как повышают работоспособность людей путем улучшения их здоровья и настроения.

Очевидно, что охрана природы является делом всего населения. Бережное отношение к природе должно стать такой же неотъемлемой частью воспитания, как правило доброго отношения к людям и достойного поведения в обществе. Очевидно также, что правильное отношение к природе не может возникнуть само собой, его надо воспитывать в людях с детства, давая определенные знания; с одной стороны, надо разъяснять, к чему приводит халатное, безхозяйственное отношение к природе, с другой – какими средствами надо исправить нанесенный вред и ввести правильное природопользование. С детских лет надо объяснять, отчего растут овраги, для чего нужны полезащитные насаждения, какую пользу и радость дает зелень вокруг домов, как важно соблюдать чистоту рек, озер и прудов, как полезно большинство диких животных и как безнравственно их убивать ради развлечения. В школах преподавание этих простых истин можно проводить на уроках географии, естествознания и литературы, а также на уроках труда. Его можно успешно связать с перподаванием коммунистической морали и с эстетическим воспитанием.

К сожалению, эти вопросы не занимают еще достаточного места в советской школе и в стабильных учебниках, хотя в последнее время внимание к ним усилилось. Лучше обстоит дело в высшей школе. Факультативный курс охраны природы введен в ряде университетов, пединститутов на географических, биологических и юридических факультетах, в лесных и сельскохозяйственных институтах. По некоторым разделам его ведутся занятия и на некоторых химико-технологических факультетах. Что касается пропаганды среди взрослых, то здесь главные трудности заключаются даже не в недостатке литературы (хотя и это играет роль), а в том, чтобы заставить читать эту литературу тех, от кого зависит сохранность и разумная эксплуатация природных ресурсов. Очевидно, надо усилить оказываемое воздействие при помощи кинофильмов, радио, плакатов и т.п.

Важным делом является воспитание туристов. Безусловно, в туризме проявляется любовь к природе. Но когда численность туристов достигает 40 млн. человек в год, возникает опасность разрушения самых красивых местностей. Туризм содержит в себе внутренние противоречия: туристы охотно посещают места с девственной, ненарушенной природой,

но после нескольких посещений приводят эту природу в столь плачевное состояние, что дальнейшие посещения теряют смысл. Они ломают лесной подрост и молодые деревца, используя их для костров и на колья для палаток, превращают места бивуаков в свалки мусора, оставляют свои подписи на скалах, стенках пещер и старых деревьях, нередко способствуют возникновению лесных пожаров. Необходимы строгая воспитательная работа с каждой партией, вручение туристам специальных пропусков, которые они обязаны предъявлять органам милиции и лесникам, снабжение их специальной инструкцией с правилами поведения в природе и прежде всего соответствующее обучение инструкторов и руководителей групп.

В народных парках следует читать туристам краткие лекции и рассказывать о том, чего нельзя в них делать. Такой порядок уже заведен в заповедниках.

Велико эстетическое значение природы. Недаром его мотивами пронизано все творчество народов СССР. Исключительно важно, чтобы современная архитектура не отрывалась от окружающего ландшафта, чтобы внешний вид городов и сел гармонировал с пейзажем, подчеркивал неровности рельефа и т.д. Для этого необходимы отход от стандартов, внимательное изучение местности, климата данного региона, образцов народной архитектуры, местных строительных материалов. Это, конечно, не противоречит самому широкому применению стандартных деталей при строительстве. В СССР ведутся интереснейшие теоретические исследования в области согласования градостроительства с ландшафтом. Есть примеры удачной застройки повышенных элементов рельефа (Киев, Тбилиси). Совершенно правильно обращено внимание на красивую застройку и озеленение набережных (Ленинград, Ростов-на-Дону, Воронеж).

По мере роста духовных запросов советских людей повышаются и их эстетические требования к окружающему ландшафту. Не только в парках и зонах отдыха человек требует красоты; его возмущают захламленные вырубки, вздыбленные отвалы на месте горных выработок, пустырей на окраинах городов, заболоченные охвостья водохранилищ. Ровные поля, обведенные лентами кудрявых лесных полос, чистые зарастающие лесосеки, рекультивированные отвалы и выемки, обнесенные дамбами четкие берега водохранилищ привлекательны для глаза, подобно естественным ландшафтам лесов, лугов и рек.

Можно надеяться, что в будущем на нашей Земле останутся только два типа ландшафта, конечно, в бесчисленных вариантах: высококультурный, упорядоченный, созданный человеком для извлечения и воспроизводства нужных ему природных ресурсов, и вкрапленные в него острова естественного ландшафта, строго оберегаемые и предназначенные для научных целей, поддержания здоровья людей, для их отдыха и эстетического наслаждения.

О ТЕОРИИ РАДИАЦИОННЫХ РУБЕЖЕЙ[1]

Наиболее важным, основым положением концепции А.А. Григорьева является учение о единстве физико-географического процесса, о его комплексности. Это положение принципиального, философского значения хотя и подразумевалось, чувствовалось интуитивно многими географами, но никогда еще так четко не формулировалось и не подчеркивалось.

Кроме того, в работах А.А. Григорьева имеется ряд методических установок, очень ценных для географов.

Я считаю особенно плодотворными следующие указания.

1. В одной из своих работ (Григорьев, 1946а, с. 143) он пишет: "Для изучения физико-географического процесса, как процесса весьма сложного, его необходимо расчленять на компоненты", чем подчеркивается комплексность этого процесса. Разделение в методических целях не противоречит комплексности. Чтобы осуществить синтез, процесс надо сперва проанализировать, схватить отдельные закономерности, а от них перейти к общим закономерностям, регулирующим весь комплекс.

Я не могу согласиться с В.Л. Котельниковым, который упрекал А.А. Григорьева в том, что он раскладывает в своих работах единый процесс по полочкам. Полочки – это техническое средство всякого страноведческого описания. В моих страноведческих работах я никогда не мог добиться того, чтобы говорить сразу обо всех элементах ландшафта. Приходится разделять по полочкам, но нужно постоянно перекидывать мостики ко всем соседним областям для того, чтобы функциональная связь не упускалась из виду.

А.А. Григорьева скорее можно упрекнуть в обратном: в слишком решительном обобщении, в попытках установить общие закономерности, когда они еще недостаточно подкреплены закономерностями частными.

2. Важно указание А.А. Григорьева о соотношении глубинного и поверхностного процессов: "Изучая развитие физико-географического процесса на протяжении геологических эпох, мы обязаны исследовать и глубинную и поверхностные части физико-географического процесса... Если же мы ограничиваем свою задачу изучением развития физико-географического процесса за относительно короткий промежуток времени..., мы имеем полное право сосредоточить наше внимание лишь на исследовании поверхностной части физико-географического процесса" (1946а, с. 149).

Это представление вносит значительную ясность в отношение географии к палеогеографии, геологии и геофизике.

Очень важным методом географии я считаю метод балансов. Все природные процессы сводятся к перемещению масс материи и энергии из одних мест, из одних объемов в другие или к превращению их внутри этих объемов. Метод балансов открывает возможности раскрытия структуры и количественного анализа этих движений и приближает географию к точной науке.

Таким образом, учение А.А. Григорьева является вдохновляющим

---

[1] Стенограмма выступления на теоретическом семинаре о теории радиационных рубежей в марте 1948 г. в Институте географии АН СССР.

для всякого географа-исследователя. Усиливается интерес исследования, потому что открываются новые горизонты географической науки. География может подняться с уровня описательной науки на принципиально более высокую ступень, связанную с изучением динамики процессов и введением количественно-сравнительных методов исследования.

Но, сознавая все прогрессивное значение учения А.А. Григорьева, я должен признаться, что некоторые положения его, и в том числе те, которые он считает весьма важными, мне кажутся ошибочными, надуманными, догматическими. Они вызывают чувство недоумения.

К таким положениям относятся учение о радиационных рубежах, понятие ведущего компонента и закон интенсивности физико-географического процесса. Мне досадно, что я не могу с ним согласиться, но я пришел к выводу, что они физически необъяснимы. Я знаю, что многие товарищи мучаются этими сомнениями. В многочисленных разговорах с географами мне ни от кого не пришлось услышать утверждения, что он до конца понимает эти разделы теории А.А. Григорьева. Именно поэтому я решил, что будет небесполезно вынести мои сомнения на обсуждение настоящего собрания. Я буду рад, если кто-нибудь разрешит мои сомнения, докажет, что я просто не понял аргументации А.А. Григорьева и тем даст мне возможность вернуться, так сказать, в "лоно истинной веры".

Начну с радиационных рубежей. Что подразумевается под этим термином?

Известно, что количество солнечной радиации зависит от географической широты и подчиняется астрономическим закономерностям. Изменение радиации с широтой идет вполне постепенно. Я начертил диаграмму (рис. 1). В ходе радиации точек перелома нет, а перегибы, которые имеются на кривых, растянуты на десятки градусов по широте и носят характер плавных переходов. Но радиация не только изменяется сама, она влияет и на физико-географическую среду. Ландшафты тоже изменяются по широте – от экватора к полюсам.

Чтобы выявить связь изменений физико-географической среды с количеством радиации, А.А. Григорьев в качестве показателя этих изменений избирает смену типов растительности. Он пишет (1946б, с. 12): "Для установления территориальных совпадений смены радиационных условий со сменами структуры физико-географического процесса необходимо сопоставить расположение радиационных рубежей с фитогеографическими рубежами, так как растительный покров является превосходным индикатором структуры физико-географического процесса... В растениях от характера радиационных условий зависят такие важные свойства, как процентное соотношение хлорофиллов *а* и *б*, как интенсивность пигментации..., интенсивность роста растений, а следовательно, возможная высота растительного покрова".

Предполагается, что плавное само по себе изменение количества радиации дает скачок в своем влиянии на растительность. Происходит скачкообразное изменение всей физико-географической среды, количество переходит в качество, и растительный покров является тем элементом ландшафта, который наиболее чувствительно и наглядно реагирует на этот переход.

Бывают ли в природе такие скачки? Да, конечно. Переход температур

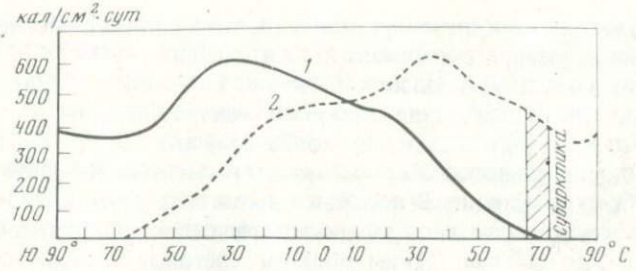


Рис. 1. Изменение суточных сумм радиации по широте
1 – в январе; *2* – в июле

от 10 до 8°С протекает так же плавно, как от +1 до –1°С, но влияние этого "постепенного" перехода на воду является роковым: при 0° она сразу замерзает. Здесь имеется принципиальный рубеж. Подобно этому, границы, вдоль которых происходит смена растительных ассоциаций, можно назвать фитогеографическими рубежами. А.А. Григорьев пытается выяснить, с какими геофизическими факторами совпадают эти рубежи. Он предполагает, что на равнинах, где исключено влияние рельефа и близких морей, фитогеографические рубежи идут приблизительно по параллелям. А.А. Григорьев построил условным математическим методом сетку параллелей, на которых, по его мнению, изменение радиации должно вызывать скачкообразное изменение физико-географической среды. Он сличил эту сетку с фитогеографическими рубежами, взятыми с геоботанических карт, и нашел, что они близко совпадают между собой. Отсюда он сделал вывод, что избранная сетка не случайна, а действительно как-то связана с закономерностями, управляющими сменой физико-географической среды.

Прежде чем приступить к анализу правильности этого вывода, мне хотелось бы посмотреть, есть ли основания ожидать такого совпадения с точки зрения биогеографической.

Если взять геоботаническую карту и проследить за нанесенными на ней контурами формаций, то окажется, что они описывают неправильные извилистые линии. Биолог сумеет в каждом отдельном случае объяснить, почему граница проходит именно здесь. На одном участке это определяется понижением температур, на другом – недостатком осадков, на третьем – скальными грунтами, на четвертом – межвидовой борьбой и борьбой фитоценозов. Но вряд ли известны границы, о которых можно сказать, что растительность не идет дальше, потому что ей не хватает солнечной радиации.

Дело в том, что коэффициент использования света растениями очень мал. В работе Л.А. Иванова (1946) показаны опыты с сосной; оказывается, что даже такая светолюбивая порода вегетирует при 4,5% нормальной солнечной радиации. Правда, она дает лишь 10% нормального прироста биомассы, но уже в этих условиях растение может выполнять все свои функции.

А.Ф. Клешнин (1947) указывает, что многие виды растений существуют при радиации, равной 1% максимальной и 3% средней.

Таким образом, если бы дело было в радиации, в Субарктике, которая

летом получает те же количества радиации, что и тропики, могли бы расти все формации с сезоннопрерывающейся вегетацией.

По этому поводу Л.А.Иванов (1946, с. 14) пишет: "Наши подсчеты показали, что на Шпицбергене общее количество прямого и рассеянного света с мая по август достаточно, чтобы получить на 1 га 5 тыс. кг воздушно-сухого органического вещества, т.е. не меньше того, что дает продукция в Средней Европе. В последнее время (Калитин, 1938) получены еще более значительные величины сумм радиации для пунктов севернее Шпицбергена, до 80° с.ш. Таким образом, световые условия на Крайнем Севере гораздо более благоприятны для роста растений, чем считалось до сих пор. Наблюдающееся слабое развитие травянистой и отсутствие древесной растительности объясняются главным образом не недостатком света, а неблагоприятными температурными условиями. Поэтому развитие в Арктике флоры гораздо более южных широт в прежние геологические эпохи было возможно и без существенного изменения солнечной радиации. Для этого, быть может, достаточно было изменения температурных условий вследствие иного распределения теплых воздушных и морских течений".

Это указание на воздушные и морские течения весьма важно, потому что радиация влияет на растительность не только своим световым, но и тепловым эффектом. Характер растительности зависит от годового хода температуры, температура же зависит не только от радиации, но и от общей циркуляции атмосферы. Сам А.А.Григорьев пишет (1946а, с. 150): "...сущность (отношений между радиационными условиями и циркуляцией атмосферы. – *Д.А.*) в основном сводится к тому, в какой мере и в какую сторону циркуляция атмосферы изменяет тепловой эффект радиационных условий и какова в результате этого тепловая энергетическая база поверхностного физико-географического процесса...". Циркуляция атмосферы в масштабах целых зон и даже полушарий перераспределяет теплоту радиации прежде, чем она может быть использована деятельным слоем.

Беда в том, что автор цитаты хотя и пишет о значении циркуляции атмосферы, влажности и т.д., но при построении своей сетки радиационных рубежей никак их не учитывает.

Так же как с растительностью обстоит дело, например, и с образованием коры выветривания. Конечно, толщина коры выветривания также зависит от радиации, но это связь косвенная, очень сложная, здесь тоже сказывается искажающее влияние циркуляции атмосферы. Поэтому мы можем ожидать, что связь радиации со средой окажется крайне растяжимой, не тесной, не непосредственной.

Если вернуться к растительности, то надо помнить, что физиологическая радиация не равна солнечной. Растения воспринимают только часть спектра, желто-зеленые лучи они не воспринимают. Между тем состав спектра зависит не только от географической широты, но и от состояния атмосферы. В тропиках и в Субарктике физиологический состав радиации будет различен. То же самое количество калорий растение может в одном месте использовать лучше, чем в другом. Это еще более усложняет связь между растительностью и радиацией.

Таким образом, у нас нет никаких оснований ожидать появления в

природе резких радиационных рубежей, при которых один вид растительности скачкообразно переходит в другой. Данные физиологии растений и метеорологии, наоборот, говорят, что их не может быть. Совершенно ясно, что существует большое перекрытие: при одной и той же радиации растительность может быть и одного и другого типа в зависимости от рельефа, степени континентальности, направления господствующих ветров, собственной истории развития и т.д. На Земле нет идеальных участков, свободных от влияния этих факторов, участков с чисто солярным климатом.

Даже температура не подчиняется радиации. Изотермы часто идут перпендикулярно к границам зон – уже одно это обстоятельство заставляет отнестись с настороженностью к полученным А.А.Григорьевым результатам.

О какой радиации идет речь в системах А.А.Григорьева? Он заимствует свои цифры из книги Ш.Морена (Mourin, 1937), а Ш.Морен, в свою очередь, из работы Г.Симпсона (Simpson, 1929). Г.Симпсон берет цифры солнечной радиации на верхних границах атмосферы, таблица его так и называется. Метод Г.Симпсона заключается в следующем. Он берет таблицу Анго, содержащую цифры приходящей солнечной радиации и составленную в прошлом веке исключительно на основании астрономических факторов, без учета влияния атмосферы (прозрачность – 1,0). Из величины радиации он вычитает альбедо. Затем он берет земное длинноволновое излучение всего земного шара вместе с атмосферой. Разность этих двух величин он называет "чистой радиацией" (а А.А.Григорьев – "балансом"). Все данные Г.Симпсон высчитывает для 10-градусных зон. Он интересуется балансом между мировым пространством и Землей. Все превращения и перемещения энергии, которые протекают между почвой и нижними слоями атмосферы, Г.Симпсон не учитывает.

Если следовать его методу, то коэффициент прозрачности не находит себе места. Очевидно, что если даже радиация, которая приходит на поверхность Земли, не определяет границ растительных формаций, то радиация, которая фигурирует в этих таблицах, имеет к ней лишь еще более отдаленное отношение. Самое важное, что в этих цифрах никак не учитывается адвективный перенос тепла, тот адвективный перенос, который является виновником громадного различия климатов, например, Ленинграда и южной Гренландии, лежащих под одной широтой.

Г.Симпсон сам признает, что осреднение, которое он производит, делает его цифры крайне грубыми. Как я уже говорил, он берет зоны в 10° по широте и выводит для каждой из них среднюю облачность, откуда по кривым Альдриха и Ангстрема находит альбедо; при этом не принимается во внимание качество подстилающей поверхности; отражение от вспаханного чернозема, морей, льдов Арктики принимается одинаковым. В книге Г.Симпсона приводятся и более точные данные по 10-градусным трапециям, но только для июля и января, и А.А.Григорьев использует не их, а средние месячные цифры по циркумполярным зонам.

Для всей Арктики Г.Симпсон вообще не имеет данных по облачности и принимает условно единую облачность 0,65. Также нет у него данных по температурам Арктики; для расчета радиации он пользуется экстраполяцией. Сюда входит и большая часть Субарктики.

Соответствует ли точность исходных данных точности тех результатов, которые рассчитывает получить своим методом А.А.Григорьев? Исходные данные оперируют материалом, точность которого определяется широтными интервалами в 10° (а в Арктике – 30°), а А.А.Григорьев в своих конечных выводах претендует на точность до 0,1°. Это является нарушением математической теории ошибок.

Я попробовал сделать один пересчет при условии изменения на 10% данных по облачности. По Г.Симпсону, в поясе 60–70° средняя облачность в июле составляет 0,66. Я предположил, что данные по некоторому сектору этой зоны отклоняются от среднезональных и дают цифру 0,60. (В действительности данные многих районов отличаются от среднезональных в 20 раз и более.) Произведя пересчет по методу Симпсона, я убедился, что от этой небольшой поправки рубежи сразу сдвинулись к северу на 3,4°[2]. А.А.Григорьев считает, что 412 кал/см^2·сут – это критическая величина, при которой тундра сменяется лесотундрой, а при поправке облачности на 10% эта критическая радиация перемещается в июле с 67,1 на 70,5°, где господствует полигональная тундра и нет никакого фитогеографического рубежа. Таким образом, вся система рубежей рушится от изменения одного последнего десятичного знака только в одном из многих, положенных в ее основу, неточных грубо осредненных данных.

Если проинтерполировать радиационный градиент не между 65 и 75°, а между 55 и 65°, то рубежи сдвинутся даже на 13°.

А.А. Григорьев (1946в, с. 11) пишет: "...абсолютные величины принятых нами эталонов ("критических" величин радиации. – *Д.А*) имеют условное значение . . . однако соотношения эталонов между собой, надо полагать, должны в общем сохраняться при любом методе вычисления балансов". Разобранный пример показывает, что полагать так нет никаких оснований. При уточнении данных хотя бы по облачности они конечно изменятся по-разному в изучаемых областях и в зонах, откуда взяты эталоны (15 и 85° с.ш. – см. ниже).

Так, в книге М. Пьери (Piery, 1934), вышедшей пятью годами позже работы Г. Симпсона, даны уточненные сводные данные об облачности. Для всех тропических широт облачность остается той же, какую принимал

---

[2] Прилагаю расчет:

	По Симпсону	При измененных данных
Облачность	0,66	0,60
Альбедо a	0,52	0,48
Приходящая радиация S'	0,634	0,634
Эффективная радиация $S = S'(1-a)$	0,304	0,330

Разница 0,330 – 0,304 = 0,026 кал/см^2·мин.

Разница радиации между 65 и 75° (по Симпсону) составляет 0,304 – 0,228 = = 0,076 кал/см^2·мин. Таким образом, изменение радиации на 0,026 соответствует сдвигу широт на $10° \cdot \frac{0{,}026}{0{,}076} = 3{,}4°$.

Г. Симпсон, а для Субарктики цифры изменены на 12%. Если бы мы приняли эти данные, все рубежи и эталоны Субарктики сдвинулись бы еще больше, чем в приведенном расчете. Выводить, опираясь на столь грубые исходные данные, радиационные рубежи с точностью до 0,1° – все равно, что измерять микрометром полено, грубо обтесанное топором.

А.А. Григорьев величины радиации на выбранных им рубежах называет эталонами, подчеркивая этим, что они являются условной меркой. Для сравнения условий в различных зонах он выбирает в качестве эталонов радиацию на 15 и 85° с.ш. Никак нельзя объяснить, почему все широты сравниваются именно с тропическим и арктическим поясами. С таким же правом можно было взять за эталоны величину радиации на средних широтах субтропиков или умеренного пояса.

В ходе работы по о-ву Хоккайдо мне пришлось встретиться с такой зависимостью: когда на о-ве Тайвань бывает холодная зима, то на следующий год на Хоккайдо собирают плохой урожай риса. Оказывается, что это связано с охлаждающим влиянием Цусимского течения, проходящего у о-ва Тайвань и переносящего со сдвигом на полгода волну холода и туманов на север. Тут механизм связи можно объяснить физически. Но А.А. Григорьев не пытается искать физический смысл своих тропических эталонов и тех связей, которые они имеют с другими широтами.

Что такое эталон? Это материальное воплощение условной меры, которую мы произвольно выбираем, чтобы сравнивать с ней ее собственные копии. Было много попыток найти какую-либо физическую величину, которую можно положить в основу, например, эталона длины. Даже последние попытки приравнять меру длины к длине красной линии в спектре кадмия привели к тому, что пришлось принять условно уточненную величину, так как каждое измерение давало другой результат. Нельзя ожидать, чтобы та или иная природная величина оказалась равной условно выбранному эталону, а если какая-либо и окажется приблизительно равной, то это ровно ничего на означает, кроме совпадения, подчиняющегося статистическим законам.

С таким же основанием, как систему условных эталонов радиации, мы могли бы создать классификацию рек, опирающуюся на эталоны длины, например, Нила, Юкона и Лимпопо, и утверждать, что в ряду рек, расположенных по возрастающей длине, каждый раз, как ряд переходит через такой эталон, происходит скачкообразное изменение физических свойств.

С радиацией дело обстоит даже хуже, потому что река имеет постоянную длину, а радиация, скажем для 65° с.ш., в течение года колеблется от 0,016 до 0,331 кал/см^2 · мин. И любой эталон, взятый в этом интервале, будет пересечен в течение года дважды. Мало того, радиация всех соседних широт в течение года колеблется параллельно радиации данной широты – немного выше или немного ниже. И каждая широта будет пересекать эталон, взятый в пределах ее амплитуды, одна – в марте, другая – в апреле, третья – в мае и т.д. На каком же основании можно выделять в качестве рубежей (если не подгонять их под конкретно существующие фитогеографические рубежи) некоторые определенные широты, пересекающие эталон в некоторые определенные месяцы?

Чтобы понять это, посмотрим, как находит радиационные рубежи А.А. Григорьев. Он в качестве эталонов берет радиацию в июле, декабре и

апреле на 15° с.ш. и в июне на 85° с.ш. Точнее, он берет средние по зонам 10–20 и 80–90°, так как данных для отдельных градусов у Ш. Морена и Г. Симпсона нет. Обосновывая этот выбор, А.А. Григорьев (1946б, с. 12) указывает, что эти "широты особенно типичны" для выбранных поясов. Кроме того, "показатели как радиационного баланса, так и приходящей эффективной радиации здесь (на 15°) больше, чем на других широтах северного полушария".

Последнее, во-первых, неверно, так как годовой баланс во всем поясе от 10° с.ш. до экватора больше, чем в поясе 10–20° (Simpson, 1929, табл. 9), а радиация практически постоянна (разница 0,9%) до 30° (там же, табл. 5); во-вторых, это и несущественно для выбора эталона, так как в дальнейшем используются не годовые, а месячные данные, которые имеют максимум в поясе 30–40°. Что касается типичности, то о ней трудно что-либо сказать, так как арктический пояс полностью, а тропический – большей частью расположены в океане, выбрать же широту, типичную для столь разнородных районов тропиков, как Африка, Индия, Индокитай и Центральная Америка, с какой-либо долей объективности невозможно, тем более что и радиационных данных для других широт, кроме 15 и 25°, у нас нет.

Приходится предположить, что на выбор "типичных" широт повлиял тот факт, что средние широты поясов в таблицах Симпсона все кончаются на 5.

А как влияет этот условный выбор, показывает сделанное мной графическое построение при зимнетропическом эталоне для 17° вместо 15° (величина радиации на 17° получена интерполированием). Рубеж 67,1°, знаменующий переход от Субакртики к умеренному поясу, при этом сдвигается на север более чем на 1°. Таким образом, и здесь все построение зависит от произвольно выбранных величин.

Для облегчения понимания построения А.А. Григорьевым радиационных рубежей я построил диаграмму (рис. 2).

На ней верхняя кривая – годовой ход радиации на 15° с.ш., нижняя – на 85°, промежуточный пучок – на нечетных параллелях от 65 до 75°, охватывающих Субарктику. Диаграмма построена по таблице Морена (Morin, 1937, с. 90)[3]. Точки, отмеченные цифрами 353, 412, 471 и 568, приняты за эталоны (цифры соответствуют длине их ординат и дают радиацию в кал/см^2 · сут). При графическом построении особенно бросается в глаза, что эти точки по сравнению с любыми другими ничем не примечательны кроме того, что они располагаются близ экстремумов, подчас едва заметных.

Выбрав эталоны, А.А. Григорьев ищет в других зонах, например в Субарктике, точки на кривых этой зоны, имеющие ту же радиацию (т.е. равную ординату) с эталонами. При графическом построении для этого надо провести через эталонные точки прямые, параллельные оси абсцисс. Мы это сделали, чтобы не загромождать чертеж, только для зимнетропического эталона 412.

---

[3] Таблицы Морена отличаются от таблиц Симпсона только тем, что пересчитаны на сутки при солнечной постоянной 1,94, в то время как Симпсон дает радиацию в минуту при солнечной постоянной 1,952.

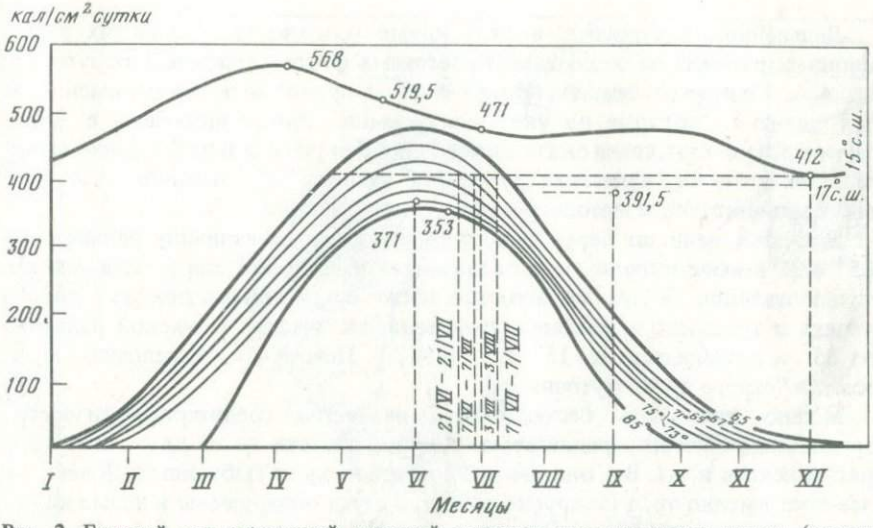


Рис. 2. Годовой ход суммарной суточной радиации для различных широт (сверху вниз) : 15, 65, 67, 69, 71, 73, 75, 85°. Пояснения см. в тексте

Но здесь возникает затруднение: проведенная горизонталь пересекает дважды три кривые – 65, 67 и 69° – и бесчисленное множество других, которые можно построить между ними. Какие же принять за радиационный рубеж? А.А. Григорьев решает вопрос так: за рубеж принимаются только те параллели, радиация на которых оказывается равной эталону, если взять среднюю суточную за целый календарный месяц. В нашем примере ни одна из нечетных параллелей этому требованию не удовлетворяет. Построив ординаты точек их пересечения с горизонталью, можно увидеть, что на одной из них эталону равна средняя радиация за месячный период с 21.VI по 21.VII, на другой – с 3.VII по 3.VIII и т.д. Но такие совпадения А.А. Григорьева не удовлетворяют. Интерполированием он находит, что с 1.VII по 1.VIII средняя радиация 412 будет иметь место на параллели 67,1°. Именно эту параллель он и принимает за важнейший радиационный рубеж – южную границу Субарктики – и считает, что "именно этот месяц" играет особенно важную роль в переходе одной структуры физико-географического процесса в другую (Григорьев, 1946б, с. 30).

Искусственность этого приема бросается в глаза. Если бы мы пользовались китайским календарем или календарем французской революции, начало месяцев в которых не совпадает с началом месяцев юлианского календаря, нам пришлось бы объявить геофизическими рубежами другие широты.

Пользуясь среднемесячными данными в метеорологии, мы также вводим условность, но там, если бы изменился календарь, новые точки легли бы на те же кривые годового хода метеорологических элементов, но в других местах. Здесь же радиационный рубеж перескакивает с разрывом постепенности совсем на другую широту и отрывается от физико-географического рубежа, к которому он, по мысли А.А. Григорьева, должен быть привязан.

Дальнейшие построения вводят новые условности. На многих радиационных рубежах не оказывается известных фитогеографических рубежей, но А.А. Григорьев считает, что их следует продолжать искать именно на тех широтах, которые по указанному выше методу включены в сетку. Если же, наоборот, сетка оказывается слишком редкой и на большом пространстве фитогеографические рубежи не находят себе эталонов, А.А. Григорьев вводит новые методы установления последних.

Для этой цели он берет среднеарифметическую величину радиации на 85° с.ш. в июне и июле; она оказывается равной 353 кал и включается в число эталонов. В них включаются также среднеарифметическая июля и апреля в тропиках и, наконец, среднеарифметическая июньской радиации на 85° и декабрьская на 15° с.ш. (391,5). Почему-то эти величины называются "строго промежуточными".

Можно придумать бесчисленное множество среднеарифметических, среднеквадратичных, среднегармонических, средних не из двух, а из трех, пяти месяцев и т.д. Все они были бы ничем не хуже выбранных. Почему же все-таки именно те, а не другие из них, будучи обнаружены в целые календарные месяцы на бесчисленных других широтах, знаменуют условия, необходимые для скачкообразного перехода, например, от полынной степи к типчаковой? Это остается совершенно непонятным.

Кроме эталонов эффективной радиации, А.А. Григорьев по тому же принципу строит систему эталонов по величинам радиационных балансов, вернее, сальдо балансов, только вводя дополнительно трехмесячные суммы. И фитогеографические границы столь же покорно подчиняются этой сетке, хотя растительность знаменует функциональную связь с совсем другим физическим фактором, также не принадлежащим к числу тех, от которых растительность зависит более или менее непосредственно.

При сравнении двух больших рядов чисел неизбежно будут совпадения. Но это ровно ничего не значит. И только в том случае, если число их заметно превышает число случайных совпадений, определяемых теорией вероятностей, можно предположить наличие закономерной зависимости между рядами.

Оперируя с цифрами, легко поддаться их гипнозу. Чтобы этого не случилось, надо все время ясно представлять себе физический смысл каждой цифры и ее причинную связь (или отсутствие связи) со всеми другими.

Анализ причинных связей между сеткой радиационных рубежей, построенных А.А. Григорьевым, и существующими в природе фитогеографическими рубежами показал принципиальное отсутствие такой связи. Поэтому констатированное "з а м е ч а т е л ь н о е с о в п а д е н и е всех важнейших фитогеографических рубежей с найденными указанным методом радиационными рубежами" (Григорьев, 1946в, с. 31) я не мог объяснить иначе, как только методической ошибкой при определении того, что считать совпадением.

Для проверки я взял карту восточноевропейской Субарктики и нанес на нее сетку радиационных рубежей по эффективной радиации и балансам и границы растительных подзон и зон по карте Ботанического института АН СССР (масштаб 1:5 000 000), а также по работам ботаников, на которые ссылается А.А. Григорьев (1946б), – В.Н. Андреева, Б.Н. Городкова и др. (рис. 3).

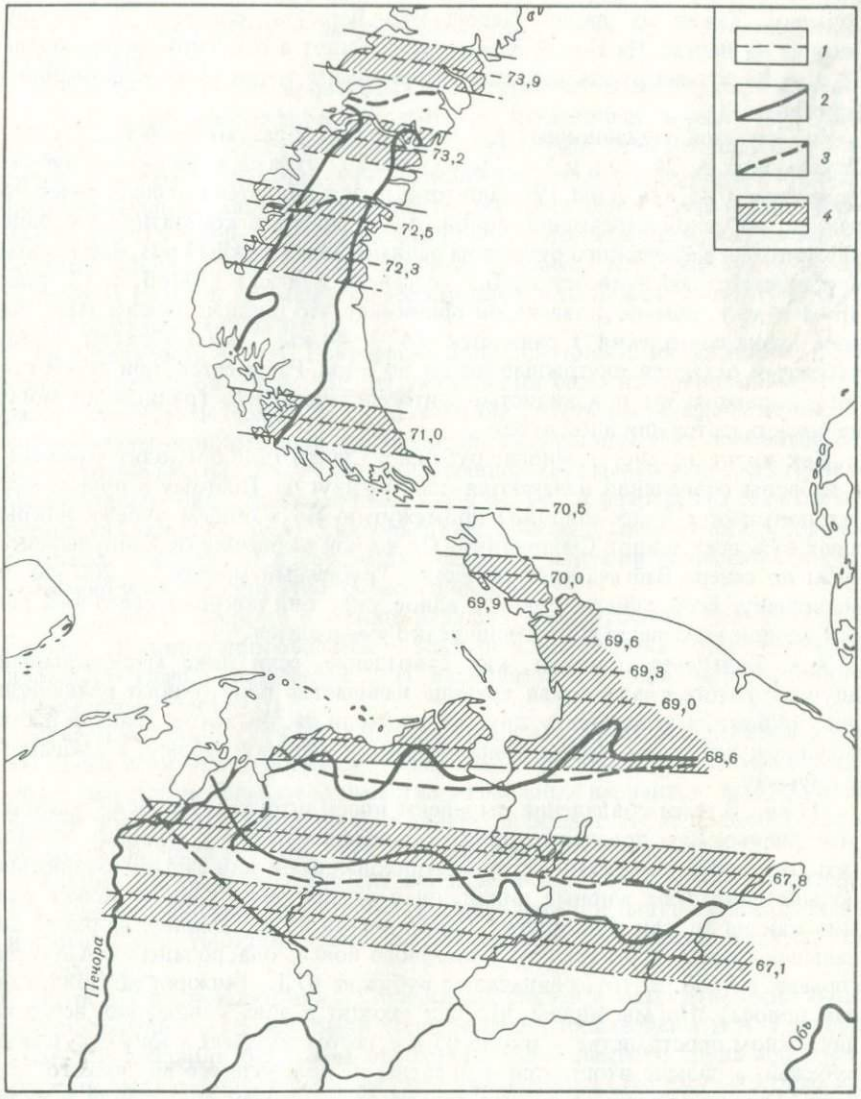


Рис. 3. Положение радиационных рубежей А.А. Григорьева и границ растительных подзон в субарктическом регионе района Баренцева моря

1 – радиационные рубежи (цифры – эффективная радиация); *2* – границы природных зон; *3* – то же, подзон; *4* – зоны совпадения радиационных рубежей

Обнаружилось, что границы растительных формаций везде извилисты, расплывчаты, изобилуют взаимным проникновением соседних формаций и разными условными переходными формами. Кроме того, они у разных авторов проведены по-разному (в тундре на 70–90 км), к северу от южной границы тундры встречаются островки не только лесотундры, но и настоящего леса. Северная граница кустарниковой тундры, которая, по Б.Н. Го-

родкову, лежит на линии Нарьян-Мар–Воркута, согласно Толмачеву, заходит на Вайгач. На Новой Земле рубежи идут в основном меридионально и за широтный рубеж приходится принимать точки их выклинивания у берегов и т.д.

Что касается радиационных рубежей, то они образуют очень густую сеть. От экватора до 74° с.ш. у А.А. Григорьева 162 рубежа, в среднем по рубежу на каждые 0,45° = 50 км. Но мало того, рубеж является не геометрической линией, но узкой переходной зоной. А.А. Григорьев констатирует попадание фитогеографического рубежа на радиационный каждый раз, как первый приближается ко второму на 0,2° с севера или юга (1946б, с. 13, табл. 3Б–4 и др.), иными словами, он принимает, что ширина рубежа (так сказать, "зона совпадения") равняется 0,4° = 44 км. Таким образом, между рубежами остаются ничтожные ленты по 6 км. Разумеется, при такой густоте расплывчатые и извилистые фитогеографические границы не могут не попасть на тот или иной рубеж.

Как видно из рис. 3, многие рубежи в Субарктике проходят через 0,1° и их зоны совпадения налагаются одна на другую. Поэтому в других местах получаются более широкие промежутки. Но в общем рубежи покрывают 67% всех широт Субарктики. От южной оконечности Хайпудырской губы до севера Вайгача идет сплошной "рубежный массив" – 200 км по меридиану. Если рубежи принять вдвое уже, они покроют всего 44% широт, но при этом число совпадений резко уменьшится.

А.А. Григорьев отмечает, как совпадение, если даже меридионально идущая фитогеографическая граница начинается близ одного радиационного рубежа, а кончается у другого или если расплывчатая граница растительности северным краем приближается к одному рубежу, а южным – к другому.

На рис. 3 зоны совпадения выделены косой штриховкой. Если показать этот рисунок без предварительного объяснения любому человеку и спросить, с какими участками ее, незаштрихованными или заштрихованными, больше совпадают жирные линии, он с одинаковым правом может указать как на те, так и на другие. Самая южная из показанных на рис. 3 зональных границ – это граница тундрового пояса; она, по мнению А.А. Григорьева (1946б, с. 16), совпадает с рубежом 67,1° (нижняя заштрихованная полоса). Но мы видим, что она заходит в зону совпадения всего на ничтожном пространстве – около 65 км, потом попадает в зону отсутствия рубежей, а дальше вторгается в пределы не положенного ей "чужого" рубежа. Однако утверждается, что только этот кусочек совпадения и является репрезентативным, а весь остальной ход границы искажен влиянием рельефа, близости моря, рек, песчаными почвами и т.п. Но если даже в таком тщательно отобранном районе, как Большеземельская тундра, наиболее свободном от искажающих влияний и наиболее приближающемся к средним условиям Субарктики, нельзя найти для самого главного рубежа более 65 км типичных условий, какова же ценность найденной закономерности?

Таким образом, методическая ошибка, создавшая иллюзию "замечательного совпадения", становится ясной: *если считать совпадением каждую мимолетную встречу фитогеографических и радиационных рубежей при избранной густоте последних* (т.е. при почти полном покрытии террито-

рии их зонами совпадений), *любая система, построенная по методу сколько угодно искусственному и надуманному, даст столь же удовлетворительные результаты.*

Чтобы окончательно проверить свое визуальное впечатление, я измерил длину всех фитогеографических рубежей, нанесенных на рис. 3, и отдельно ту часть их, которая попала в зоны совпадения. Взяв отношение второй цифры к первой, я получил 0,49 – отношение, характеризующее отсутствие функциональной связи между сопоставляемыми факторами (при отношении около 0,5 число совпадений равно числу несовпадений, т.е. по закону больших чисел те и другие случайны и стремятся к равенству). Если бы за рубежи принять промежутки между ними и наоборот, совпадение было бы настолько же хорошим.

Растительность у А.А. Григорьева является только индикатором физико-географической среды. Но, разумеется, ни одно из приведенных выше рассуждений не потеряло бы силы, если бы вместо растительности мы взяли бы почвы, климат, реки (их специфику). Границы этих элементов еще более расплывчаты, и их связь с радиацией еще менее непосредственная. Меньше всего она у ландшафтных зон в целом. Я уверен, что если бы для проверки выводов А.А. Григорьев использовал специфическое оружие географа – карту, он и сам не поддался бы иллюзии совпадений и своевременно усмотрел порочность своего метода.

Докладывая впервые о методе радиационных рубежей, А.А. Григорьев сказал: "Я долго пробовал так и эдак, и вот мне показалось, что теперь довольно удачно получается". И впоследствие неоднократно говорил: "Разве нельзя пробовать?".

Я считаю, что в случаях, подобных данному, пробовать, конечно, нельзя. Даже если удача логически возможна, пробовать можно лишь тогда, когда имеется небольшое количество возможных вариантов. А здесь, когда выбор возможных эталонов бесконечен, пробовать – не только непроизводительная трата времени, но и дело совершенно безнадежное.

Всякий научный эксперимент ведется не наудачу, а таким образом и в таком направлении, в котором на основании предыдущих исследований и логических умозаключений можно ожидать получения желательного результата.

Если бы логический анализ причинных связей и математический анализ предположенного метода были своевременно произведены А.А. Григорьевым, это избавило бы его от огромного и бесплодного труда построения системы радиационных рубежей, так как показало бы ему, *что дело не в более или менее удачном совпадении, а в том, что закономерного совпадения здесь быть не может, а случайное или кажущееся не имеет ценности, следовательно, не надо его и искать.*

А.А. Григорьев отмечает двоякое значение своей системы радиационных рубежей. Кроме имеющейся, по его мнению, приуроченности к ним физико-географических рубежей, эта система "позволяет давать географические характеристики типов месячных радиационных условий различных широтных зон" (Григорьев, 1946б, с. 14).

Против такой интерпретации радиационных эталонов вряд ли можно выдвинуть принципиальные возражения, однако преимущества этой системы весьма сомнительны. Шкала радиации в условных эталонах была бы

подобна относительной шкале геологических периодов. Последняя позволяет сравнивать все осадочные породы, одновозрастные, скажем, с теми, которые впервые были найдены в горах Юры и потому названы юрскими. Однако если система относительной геологической хронологии была создана в те времена, когда абсолютной хронологии не существовало, и оправдывается качественными изменениями ископаемых на стратиграфических рубежах, то система А.А. Григорьева создана тогда, когда уже известны количественные значения радиации, а предположение о качественных изменениях географической среды на них не подтвердилось.

Абсолютная шкала несомненно удобнее относительной. Проще и точнее сказать: "широта 51,9° в апреле получает 391,5 кал/см^2 · сут", чем "широта 51,9° в апреле получает количество радиации, равное среднеарифметическому между летнеарктическим и зимнетропическим". Кроме того, приравнять к эталонам можно лишь некоторые, притом незакономерно разбросанные значения радиации, а охарактеризовать количестными значениями – любые из всего непрерывного числового ряда.

Для сравнения радиации на разных широтах и в разные месяцы очень удобно применить также графический метод. В книге Г. Симпсона (Simpson, 1929) имеются карты изолиний эффективной солнечной, земной и чистой (сальдо баланса) радиации для января и июля. Изолинии, построенные по 10-градусным трапециям, т.е. точнее, чем в таблицах того же Симпсона, проходят, конечно, уже не по параллелям.

В статье Н.Н. Калитина (1945) приводится карта изолиний наблюдений среднегодовой радиации у поверхности почвы для Европейской части Советского Союза.

Наконец, годовой ход радиации по широтам с чрезвычайной наглядностью выявляется из диаграммы, воспроизводимой во многих учебниках метеорологии и геофизики, а в наиболее точном виде помещенной в "Математической климатологии" Миланковича. Упрощенное изображение этой диаграммы приведено на рис. 4.

Диаграмма построена по трем координатам: по абсциссам отложены широты от Южного до Северного полюса, по ординатам – месяцы, а в точках пересечения тех и других восстановлены альтитуды (перпендикуляры), на которых отложены суммы радиации для данной широты в данном месяце. Концы альтитуд образуют кривую поверхность, отражающую "годовой рельеф" радиации. Для наглядности их соединяют кривыми линиями, проектирующимися на основную сетку широт и месяцев (черная сетка). Поверхность вспучивается там и тогда, где и когда радиация велика, и прогибается, где и когда она мала. В полярных областях зимой поверхность радиации исчезает, спустившись до нуля.

Я нанес на "поверхность" радиации горизонтали, соединяющие все точки с радиацией, равной 300, 350, 400 кал/см^2 · сут. Можно, разумеется, построить горизонтали на высотах, равных эталонам А.А. Григорьева по горизонталям; при желании весьма удобно проследить, на каких широтах в какое время года будет та же радиация, какая имеется, например, зимой в тропиках (зимнетропический минимум). Из диаграммы становится особенно очевидным, что это будет случаться не на отдельных широтах в отдельные месяцы, а на всех широтах, пересекаемых данной горизонталью при плавном скольжении по всем датам года.

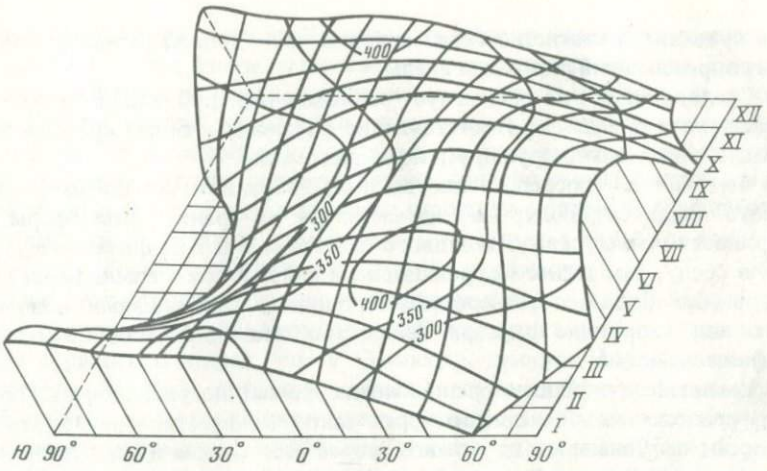


Рис. 4. Диаграмма суммарной суточной радиации для различных широт в различные месяцы года (по Миланковичу) (изолинии радиации в кал/см² · сут).

Диаграмма рис. 4 вычерчена для солярного климата. Но можно ее построить и для эффективной солнечной радиации (с учетом альбедо), и для любой другой физической величины, для которой вычислены среднемесячные значения по широтным зонам. В этом случае поверхность будет менее правильной и получит множество местных искривлений. "Рельеф" этой физической величины получится более "расчлененным".

Было бы совершенно неправильно, если бы из изложенного выше кто-либо сделал вывод, что я отрицаю связь между радиацией и зональностью физико-географической среды. Такая связь совершенно очевидна и общеизвестна. Я не отрицаю также необходимости всестороннего изучения и анализа этой связи. Наоборот, я считаю, что подчеркивание важности такого изучения А.А. Григорьевым является одной из главных его заслуг перед географией. Я критикую только ошибочный метод, примененный для этой цели.

Чтобы не ограничиваться голой критикой, я позволю себе наметить некоторые пути, по которым, как мне кажется, могло бы пойти исследование зависимости между радиацией и ландшафтом, а также между любыми другими частными процессами, формирующими ландшафт, и элементами последнего.

Методы этого исследования должны соответствовать современному уровню знаний в области всех смежных, используемых географией дисциплин и особенно вспомогательных – физики и математики, служащих орудием познания любой естественной науки.

Относительно зависимости между радиацией и физико-географической средой можно высказать некоторые априорные положения.

1. Радиация является не единственным фактором, определяющим физико-географическую среду.

2. Следовательно, между радиацией и средой существуют не функциональные, а корреляционные связи. Это значит, что не существует однозначной зависимости – данной радиации соответствует определенный тип сре-

ды, а существует статистическая зависимость – данной радиации соответствует определенный ряд типов среды.

3. Следовательно, не существует радиационных рубежей, а существуют радиационные ареалы, соответствующие различным типам среды и более или менее значительно друг друга перекрывающие.

4. Чем более непосредственно влияние избранного независимого переменного (радиация солярная, эффективная на границе атмосферы, на поверхности почвы, сальдо теплового баланса и т.д.) на физико-географическую среду, тем теснее корреляционная связь и тем меньше перекрытие ареалов. Освободиться от перекрытия, однако, принципиально невозможно, так как сторонние факторы (рельеф, осадки, циркуляция атмосферы и т.д.) всегда остаются.

5. Имеющиеся в нашем распоряжении данные по радиации на границе атмосферы связаны со средой через такое количество промежуточных факторов, что увязывать их можно, скорее всего, лишь в масштабах пояса или зоны; уточнить глубину этой связи – первая задача исследований.

6. Дробность выделения ареалов не должна превосходить степень точности исходных данных. Если мы базируемся на 10-градусных зонах Симпсона, мы можем устанавливать связь радиации с вариантами среды, соизмеримыми (принадлежащими к тому же порядку величин) с этими зонами. Если мы и подозреваем, что существует корреляционная связь в более тонких градациях, цифры, полученные для нее на основе более грубых исходных данных, не имеют никакого математического смысла.

Таким образом, изучение влияния радиации на физико-географическую среду, как и многих других природных связей, должно вестись прежде всего методами вариационной статистики.

"Содержание, вкладываемое в наше время в термин "статистика", предполагает, что числовые данные, называемые статистическими, получены на основе применения метода массового наблюдения, который позволяет вскрыть то общее, что заключается в таких однородных явлениях, которые возникают не только под влиянием общих причин, но и под влиянием дополнительных условий, вступающих в различные сочетания" (Крейнин, 1946, с. 3).

Массовые наблюдения, о которых здесь говорится, в физической географии систематизируются и концентрируются на разного рода специальных картах и с них уже могут наиболее удобным образом извлекаться для вскрытия природных взаимозависимостей. Поэтому именно карта является исходным материалом для статистической обработки физико-географических проблем и степень точности обнаруженных связей всегда будет подчинена наибольшей возможной на данном уровне развития нашей науки точности (м-бу) картографического отражения действительности.

В качестве примера я вычертил две диаграммы, отражающие реально существующие зависимости в этой области, к которой А.А. Григорьев пытался применить метод радиационных рубежей.

На первой из них (рис. 5) дана корреляционная зависимость между типами (подзонами) растительности Европейской части СССР и приходящей радиацией на поверхности почвы. Типы и границы растительности взяты по карте Большого советского атласа мира (1937 г.), радиация – по упомянутой выше карте Н.Н. Калитина (1945).

Карта растительности разбивалась на равные клетки (в данном случае со стороной 2 см; чем меньше клетки, тем точнее результат). Точки, соответствующие узлам сетки, находились на крате Н.Н. Калитина, и интерполированием между изолиниями определялась соответствующая величина радиации. Эта величина откладывалась на диаграмме по шкале ординат в той колонке, которая соответствовала подзоне растительности, включающей данную точку. По густоте точек строились кривые распределения (для наглядности – двойные, симметрично повернутые вправо и влево от оси колонки). Горные районы в обработку не включались.

Уже этот грубый набросок наглядно подтверждает априорные логические предположения. Радиационных рубежей (даже по более близко связанным с растительностью, чем у Симпсона, данным Н.Н. Калитина) не существует. Если бы они были, каждая следующая "фигура" началась бы на той высоте, на которой окончилась предыдущая. Вместо этого существует большое перекрытие. Конечно, при сужении (по долготе) рассматриваемой территории перекрытие будет прогрессивно уменьшаться, но при этом увеличивается элемент случайности и произвола в выборе "репрезентативных" долгот и ограничивается возможность вывода закономерностей.

Диаграмма (см. рис. 5) даже с первого взгляда позволяет сделать ряд заключений. Для каждого типа растительности можно определить оптимальную радиацию (утолщение фигуры), а также максимальную и минимальную, за пределами которых данный тип растительности не может существовать, каким бы воздействиям иных факторов он ни подвергался. Типы растительности, имеющие ареалы, разорванные вторжением постороннего фактора, дают несколько оптимумов. Чаще всего таким посторонним фактором является деятельность человека (например, истребление широколиственных лесов). В этом случае оптимум можно предполагать близко к общему центру тяжести всех точек.

Выделяются типы стенорадиационные, имеющие малый размах вариаций, т.е. могущие существовать лишь при тесно ограниченных радиационных условиях (хвойный лес), и эврирадиационные, "терпимые" к колебаниям радиации (различные типы степи).

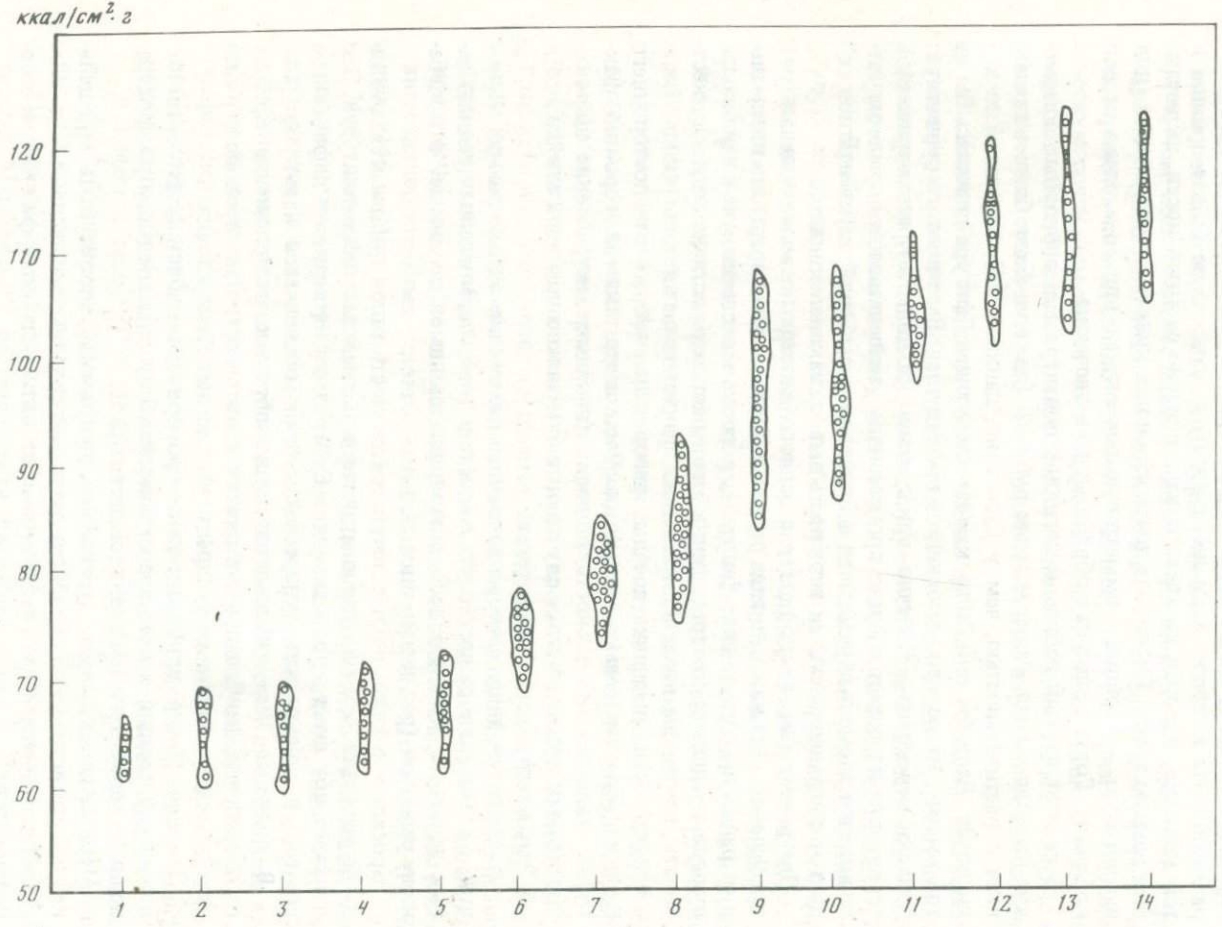
Бросается в глаза полная нечувствительность типов тундры и лесотундры к радиации: все они располагаются в одинаковых ее амплитудах. Это отражает тот факт, что радиация в Субарктике не является дефицитным агентом и зональность тундровых подзон объясняется чем-то другим.

В подзонах леса наблюдается кулисообразное расположение кривых распределения, наибольшие же скачки имеют место при переходе к резко отличным формациям: от тундры к лесу, от лесостепи к степи.

Площадь фигур приблизительно пропорциональна площади соответствующих формаций и дает представление об их относительном распространении на территории Европейской части СССР.

Мера связи, наглядно отражаемая диаграммой, может быть при дальнейшей статистической обработке выражена сравнимыми числами: крайним и среднеквадратичным отклонением от оптимума, коэффициентом корреляции и т.п.

В основе этих характеристик, как и приведенных выше выводов, не лежит ни одной произвольно взятой посылки, а имеются лишь наблюденные данные. Точность выводов при данном уровне развития науки зависит лишь от числа взятых для обработки точек.


ккал/см². г
120
110
100
90
80
70
60
50
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

На рис. 6 дана зависимость тех же растительных формаций от факторов, особенно подчеркиваемых в учении А.А. Григорьева, – от количества тепла и влаги. Тепло дано в средних годовых температурах, влага – в количестве средних годовых осадков.

Для составления этой диаграммы применялся тот же метод, что и для составления предыдущей, но каждая точка сетки находилась на двух картах метеорологических элементов и их величинами определялись координаты соответствующей точки.

Сходный метод был применен В.Р. Волобуевым (1945) для изучения закономерностей распределения почвенных типов. Он и в этом случае дал интересные результаты, несмотря на то что автором были допущены некоторые методические ошибки.

Каждый тип растительности на рис. 6 (чтобы диаграмма легче читалась, на нее нанесены всего четыре типа растительности) дает поле рассеяния или разброса точек. Такое поле, будучи оконтурено, дает представление о граничных условиях, в данном случае о той температуре и осадках, при которых может существовать данный тип растительности. Центр сгущения точек показывает оптимальное соотношение тепла и влаги.

Если бы на диаграмму были нанесены все типы растительности, их поля, разумеется, также значительно перекрыли бы друг друга. В совокупности они расположились бы вдоль некоторой кривой, которая соответствует общему наивыгоднейшему отношению тепла и влаги.

Справа от нее расположились бы гидрофильные ассоциации, слева – ксерофильные. Вдоль координатных осей располагаются пустые сектора – с несуществующими на Земле соотношениями осадков и температур.

Если теория А.А. Григорьева об определенных соотношениях тепла и влаги для каждого типа физико-географической среды правильна, точки каждого типа растительности должны ложиться вдоль наклонной прямой. Тангенс угла наклона этой кривой количественно определяет это соотношение. Насколько можно судить по рис. 6, это хорошо подтверждается на примере тундр. В ареалах леса и степи закономерность выражена слабее, хотя все же намечается. Для компетентного суждения необходимы, конечно, гораздо более точные и многочисленные построения.

Что касается дифференциации типов тундры по условиям тепла и влаги, то, как и на рис. 5, поля их почти полностью налагаются друг на друга. Очевидно, независимые переменные, дающие наиболее тесную связь, и здесь не найдены. Может быть, за показатель тепла надо брать не среднегодовую температуру, а среднюю за вегетационный период, или сумму температур, или сальдо теплового баланса, а за показатель влаги – или летние

Рис. 5. Распределение зональных типов растительности по градиенту суммарной годовой радиации на территории Европейской части СССР. Ширина диаграмм распределения соответствует частоте встречаемости растительности данной зоны при соответствующей величине радиации

1 – арктическая тундра; *2* – лишайниково-моховая тундра; *3* – кустраничково-кочкарная тундра; *4* – лесотундра; *5* – редкостойные болотистые хвойные леса; *6* – хвойные леса, северная подзона; *7* – то же, южная подзона; *8* – хвойно-широколиственные леса; *9* – широколиственные леса; *10* – лесостепь; *11* – ковыльно-разнотравная степь, северный вариант; *12* – то же, южный вариант; *13* – ковыльно-типчаковая степь; *14* – полынно-злаковая полупустыня

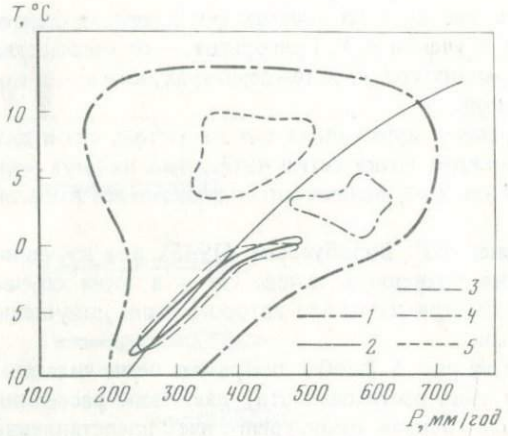


Рис. 6. Расположение некоторых растительных подзон на плоскости, образованной координатами: годовое количество осадков – среднегодовая температура

1–граница реально существующих на территории Европейской части СССР соотношений температур и осадков; *2* – то же, лишайниковой и моховой тундры; *3* – то же, кустарниковой и кочкарной тундры; *4* – то же, южной подзоны хвойного леса; *5* – то же, ковыльно-разнотравной степи

осадки, или влажность воздуха, или влагосодержание почвы, или сальдо баланса в системе осадки–испарение и т.д. Выбор аргументов должен, конечно, производиться не наугад, а на основе консультации с физиологами растений, экологами и климатологами, основываясь на накопленных их дисциплинами представлениях о жизненных функциях растений. При отсутствии определенного ответа можно, конечно, испробовать несколько вариантов и этим оказать помощь частным дисциплинам в выяснении интересующих их отношений.

Если нумеровать точки с учетом их местонахождения на карте, можно определить те районы, в которых существуют оптимальные, наиболее типичные для каждой формации соотношения тепла и влаги. Это задача не менее существенная, чем определение границ, которые часто оказываются условными. Это могло бы быть использовано в будущем для выбора мест размещения стационаров по изучению характерных типов физико-географического процесса.

Методы вариационной статистики в перспективе позволяют перейти от изучения частных корреляционных связей к изучению более сложных, комплексных закономерностей распространения ландшафтов в целом. Они могут также помочь нахождению объективных критериев для районирования ландшафтов.

О ЗАКОНЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА[1]

Понятие интенсивности является количественным. Интенсивность всегда выражается в каких-либо мерах, отнесенных к единице времени. Например, интенсивность прироста населения – в % в год, интенсивность парообразования в котле – в кг/м^2 · мин и т.д. То же и в физической географии: интенсивность выпадения осадков, испарения, стока, денудации можно измерять в мм/год, интенсивность радиации – в кал/см^2 · мин, интенсив-

[1] Статья написна в 1948 г. и публикуется впервые.

ность производства биомассы – в г/га · год и т.п. Интенсивность частного процесса – *это скорость, с которой в ходе его преобразуется или перемещается материя, слагающая соответствующий элемент физико-географической среды.*

Поверхностный физико-географический процесс в понимании А.А. Григорьева представляет собой комплекс, сложное сочетание процессов. Если мы вводим понятие интенсивности этого комплексного процесса, то должны найти и какой-то объективный критерий (меру), которым мы эту интенсивность будем измерять.

В случае комплексного процесса мы встречаемся с положением, аналогичным тому, которое имеет место в математике при оперировании с комплексными числами (числами типа $a + bi$, где $i = \sqrt{-1}$). Имея два комплексных числа

$$2 + 3i \quad \text{и} \quad 3 + 2i,$$

мы можем сказать об их действительных членах, что $2 < 3$, а о мнимых, что $3i > 2i$, но указать, которая из двух этих сумм больше, не представляется возможным.

Мало того, имея два типа физико-географических процессов, образованных теми же компонентами, но протекающих с различной интенсивностью, мы не имеем средств объективно сравнить интенсивность полученных комплексов. А.А. Григорьев пытается найти выход из положения, определяя наиболее интенсивный процесс, как процесс, отвечающий девяти сформулированным им условиям. Из этих условий наиболее существенно первое: он должен отвечать максимальной равномерности "развития всех звеньев физико-географического процесса при наивысшей интенсивности каждого из них в пределах, обеспечивающих возможно максимальную интенсивность всех остальных" (Григорьев, 1946а, с. 153).

Этот вывод, однако, также заводит в тупик, так как понятие равномерности комплексного процесса оказывается столь же субъективным и неуловимым, как и понятие интенсивности.

Разберем два примера.

1. В густом лесу годовая продукция растительной массы равняется 100 т/км^2. Благодаря густоте леса процессы денудации подавлены и поверхностный смыв составляет всего 0,1 мм в год. В другом, более редком лесу продукция растительной массы достигает лишь 50 т/км^2, но зато менее связанные корнями и растительным войлоком частицы почвы смываются с интенсивностью 0,2 мм в год. В каком лесу господствуют более "равномерные" условия? В каком из них комплексный физико-географический процесс протекает интенсивнее?

Ясно, что на этот вопрос ответить нельзя, поскольку усиление одного процесса – денудации – несоизмеримо с ослаблением другого – воспроизводства продукции биомассы. Процессы качественно различны.

2. В пустыне интенсивно протекает эоловый аккумулятивный процесс, выражающийся в движении незакрепленных песков. Но стоит появиться на барханах первым кустикам селина или джузгуна, как начнется закрепление, и оборот песка на единицу площади уменьшится. Один процесс, не успев начаться, ограничивает другой, и никакая "возможно максимальная" интенсивность обоих процессов сразу оказывается невозможной.

Во втором из девяти условий А.А. Григорьев оговаривает оптимальное соотношение тепла и влаги, выражающееся в таком количестве осадков, которое немного превышало бы испарение. Далее также (с. 152) он уточняет, что количество влаги будет "оптимальным . . . в том случае, если не только нет признаков оглеения и заболачивания, но и сколько-нибудь значительного отрицательного баланса карбонатов, а с другой стороны – отсутствует накопление и легко растворимых минеральных солей".

Условия, обрисованные А.А. Григорьевым, напоминают существующие в южной части Среднерусской возвышенности. Попробуем нарушить их и посмотрим, что станет с физико-географическим процессом и его компонентами.

Представим себе, что западный перенос воздушных масс усилился. Последствием этого будет увеличение числа циклонов и количества осадков. Реки станут полноводнее, гидрографическая сеть – гуще. Эрозия и денудация ускоряются, быстрее начнут расти овраги. Интенсивность климатического, гидрологического и геоморфологического компонентов увеличится. Черноземы начнут деградировать, лес – наступать на степь.

В местах усиленного сноса почв интенсивность фитогеографического и соответственно зоогеографического компонентов понизится. А комплексный процесс придет в какое-то не в большее и не в меньшее равновесие, а просто в иное состояние, которое выразится в смене ландшафта.

Вообще процессы представляют собой как бы упругие связи, протягивающиеся между всеми элементами ландшафта. Стоит сдвинуть одни из них, и вся конфигурация изменится. Конфигураций может быть бесчисленное множество, но чтобы произвести их сравнительную и притом количественную оценку, нужно выбрать какой-то один элемент ландшафта, положение которого представляет для нас особый интерес.

Используем еще раз математическую интерпретацию рассматриваемых соотношений.

Когда мы имеем простую функциональную зависимость, например зависимость русловой эрозии от расхода воды на конкретном участке реки:

$$e = f(Q),$$

то мы в принципе можем выразить эту функцию каким-то уравнением и, продифференцировав его, найти изменение эрозии при увеличении или уменьшении расхода, т.е. найти производную $\frac{de}{dQ}$. Но комплексный физико-географический процесс является функцией многих переменных, и прежде всего своих собственных компонентов:

$$P = \varphi(x, y, z \ldots w).$$

Как известно из анализа бесконечно малых, продифференцировать такую функцию по всем переменным сразу мы не можем. Мы можем только, временно приняв аргументы y, z . . . w за постоянные, найти частную производную $\frac{\partial p}{\partial x}$, затем, приняв за постоянные x, z. . . w, также найти $\frac{\partial p}{\partial y}$ и т.д.

Переводя это положение на язык географии и применяя его к рассматриваемому вопросу, получаем следующую теорему: *количественно оценивать интенсивность физико-географического процесса мы можем, лишь считая ее зависящей от интенсивности какого-либо одного компонента.* Какого именно, зависит целиком от нашего выбора. Однако, какой бы компонент мы ни избрали в качестве "своей колокольни", отождествление его интенсивности с интенсивностью комплексного процесса всегда останется условным и научно, так же как и практически, бесплодным.

Несмотря на все усилия найти объективный и "справедливый" по отношению ко всем частным процессам критерий, А.А. Григорьев оказывается вынужденным пойти по этому пути. Нигде об этом прямо не говоря, он фактически смотрит на физико-географический процесс с точки зрения пользы для растительности. Действительно, условия максимальной интенсивности процесса, им сформулированные, – отсутствие заболачивания, оглеения, засоления, сохранение карбонатов, умеренный сток и т.д. – обеспечивают процветание растительности, даже, точнее, процветание экономически ценной растительности (так как в ином болоте продукция биомассы может быть больше, чем в степи).

А.А. Григорьев проводит точку зрения Д.И. Абрамовича, формулируемую им в положении: жизнь – сальдо физико-географического процесса[2]. "Сальдо" здесь понимается фигурально как "окончательный результат" или "последнее достижение". Точка зрения Д.И. Абрамовича была бы правильной, если бы интенсивность биогеографических процессов не отождествлялась при этом с интенсивностью гораздо более сложного и обширного физико-географического процесса и если бы все процессы неорганической природы не передавались целиком в область компетенции геофизики[3].

Что касается предлагаемого А.А. Григорьевым определения оптимального количества осадков и наивыгоднейшего соотношения балансов тепла и влаги, то они сразу приобретают и естественнонаучное и хозяйственное значение, если перестать насильственно притягивать их к не имеющей однозначного решения проблеме равновесия, а открыто *признать их условиями наибольшей продуктивности биогеографического компонента.* Вполне законно характеризовать единый процесс интенсивностью этого или любого другого компонента, но не следует думать, что тем самым мы получаем в руки объективный критерий для оценки интенсивности всего комплекса.

Изложенные выше соображения неизбежно влекут за собой переоценку закона интенсивности поверхностного физико-географического процесса. Этот закон А.А. Григорьев формулировал несколько раз, последовательно добиваясь все более точного и сжатого изложения своих мыслей. В этом отношении удалось достигнуть многого, но все же и в последней редакции

---

[2] Эта же точка зрения была весьма удачно отражена в шутливой формулировке С.Ю. Геллера: "Интенсивный процесс – это хорошая жизнь!".

[3] Предметы изучения геофизики и физической географии в этой области весьма сближаются, но первая из этих дисциплин интересуется только общими закономерностями, а вторая, кроме того, и региональной спецификой процессов.

(Григорьев, 1946а, с. 165–166) формулировка закона занимает половину страницы и требует для его понимания значительного напряжения.

Я сделал попытку выделить основную сущность, "костяк" закона, выбрав из него основные понятия и опустив второстепенные части предложений, а также вводные и придаточные предложения. Получилось следующее: интенсивность физико-географического процесса ограничена количеством тепловой энергии и варьирует: 1) в соответствии со степенью приближения количества атмосферных осадков к оптимальному и 2) в зависимости от процесса предыдущей сезонной стадии.

В такой сокращенной редакции основная мысль выступает со всей отчетливостью, однако полностью согласиться с ней нельзя. В законе имеются два иррациональных термина: "интенсивность физико-географического процесса" (подразумевается – комплексного) и "оптимальное (подразумевается – для всех компонентов) количество атмосферных осадков". Как выше было показано, эти понятия лишены физического содержания и не отражают каких-либо реально существующих в природе величин или явлений.

Что касается п. 2, то в нем заложена вполне правильная мысль, но, как мне кажется, она может быть точнее сформулирована следующим образом: интенсивность варьирует в зависимости от годового хода поступления тепловой энергии и атмосферных осадков.

Если теперь поставить перед собой цель привести закон интенсивности в соответствие с реально существующими отношениями, то для этого открываются два пути.

Первый путь заключается в сохранении универсальности закона в отношении всех физико-географических процессов путем замены единого процесса его составляющими, а "приближение к оптимальному количеству осадков" – просто количеством осадков. Кроме того, необходимо восстановить упущенную роль потенциальной энергии, учитывающую влияние рельефа и также определяющую "потолок" максимальной интенсивности процессов. Тогда получаем следующее.

Интенсивность физико-географических процессов ограничена: 1) запасом потенциальной энергии участвующих в процессах масс, 2) количеством и годовым ходом поступления тепловой энергии. Она варьирует в зависимости от количества и годового хода атмосферных осадков.

Лишь в такой формулировке закон интенсивности получает значение, адекватное действительности при строгом (обязательном для всех наук) соблюдении непреложных истин физики и математики.

Второй путь заключается в сохранении ссылки на оптимальные осадки, но с ограничением применимости закона сферой органической материи. О потенциальной энергии, лишь косвенно влияющей на биогеографические процессы, здесь можно не говорить. В этом случае имеем такую формулировку: продуктивность биогеографического процесса ограничена количеством поступающей тепловой энергии и варьирует: 1) в соответствии со степенью приближения количества атмосферных осадков к оптимальному; 2) в зависимости от годового хода балансов тепла и влаги.

В этой формулировке термин "интенсивность" заменен "продуктивностью", так как именно продуктивностью и измеряется интенсивность биогеографического процесса. Понятно, что этот закон может имено-

ваться лишь "законом продуктивности биогеографического процесса", что, конечно, отнюдь не умаляет его теоретического и практического значения.

Стремление найти некую единую физическую величину, характеризующую ход и развитие всех многочисленных и разнообразных процессов, совершенно естественно. Нахождение такой величины имело бы важное философское значение как способствующее утверждению единства закономерностей, лежащих в основе эволюции физико-географической среды. Такая величина позволила бы количественно измерять и сравнивать как отдельные частные процессы, так и различные типы комплексного единого процесса.

Из того факта, что интенсивность оказалась неспособной играть роль такой объединяющей всеобщей меры, отнюдь не следует, что попытки найти последнюю должны быть оставлены. В работах А.А. Григорьева намечается путь к правильному решению вопроса. Он пишет: "Громадное значение первой основной категории взаимоотношений (между радиационными условиями и циркуляцией атмосферы. – *Д.А.*) определяется тем, что интенсивность любого интересующего нас процесса прежде всего зависит от размеров его энергетической базы" (Григорьев, 1946а, с. 150).

Радиация, как уже отмечалось, является не единственной энергетической базой физико-географического процесса. Но если учесть, что все виды энергии, поступающей в любой форме из любых источников, так же как и все виды, которые она принимает в своих последовательных трансформациях, могут быть сведены и суммированы с помощью точно известных эквивалентов, то становится ясным, что указанное замечание А.А. Григорьева имеет первостепенное значение и приходится только пожалеть, что дальнейшие усилия его были направлены по бесплодному пути поисков объединенной интенсивности.

Именно энергия, единая во всех видах, является той обобщающей величиной, той универсальной мерой, которую мы ищем.

В настоящее время имеются лишь технические, но не принципиальные трудности к подсчету энергии, поглощаемой (или освобождаемой) при любых природных процессах. И если нельзя сравнить, например, интенсивность прироста древесины с интенсивностью эоловой аккумуляции, то вполне возможно, измерив количества энергии, затраченные на оба процесса (в первом случае – химической, во втором – кинетической), перевести и те и другие в единые меры энергии – эрги, джоули, килограмм-метры или, удобнее всего, в калории – и сказать совершенно точно, на какой из процессов израсходовано больше энергии и насколько.

И нет ничего невозможного в том, чтобы подсчитать энергию, потребляемую комплексным физико-географическим процессом определенного района, насколько бы ни были различны его компоненты. При этом, конечно, нельзя ограничиваться получением общей суммы (так как одна и та же сумма может быть образована процессами самого различного типа), но следует всегда стремиться к составлению энергетического баланса.

Можно с уверенностью предсказать, что именно *энергетическому балансу предстоит стать венцом и наиболее важным орудием анализа физико-географического процесса на ближайшем этапе развития нашей науки.*

Составление энергетических балансов возможно лишь путем поста-

новки многолетних стационарных наблюдений, оснащенных разнообразными техническими средствами, с широким применением экспериментов в природе и лаборатории и при строгом соблюдении правил физико-географического балансирования.

Метод энергетических балансов обещает пролить яркий свет на сущность физико-географического процесса и раскрыть многие скрытые стороны жизни природы. Мало того, он позволяет судить и о темпах протекания процессов.

В самом деле, энергетический баланс может составляться лишь за какой-то определенный промежуток времени, одинаковый для всех приходных и расходных статей баланса. К этому же промежутку времени относится и полученное сальдо. Если все найденные количества энергии разделить на длительность этого промежутка, выраженную в единицах времени, то получится *баланс мощностей*, так как мощность, как известно, равна энергии, получаемой (или затрачиваемой) в единицу времени.

Характеристики процессов в единицах мощности (эрг/с, гектоватт, киловатт, кал/мин, кг-кал/сут. и т.п.) *дадут ясные представления о темпах оборота энергии*. Понятие мощности, обладая, подобно понятию энергии, единством для всех процессов, в то же время косвенно позволяет судить об их интенсивности. Тем не менее понятие мощности отнюдь не тождественно с понятием интенсивности. Поясню это примерами.

1. Удельная теплоемкость воды равна 1, воздуха – 0,24. Поэтому если мы будем наблюдать за нагреванием равных объемов их потоками энергии одинаковой силы, то температура воздуха будет повышаться примерно в 4 раза быстрее, чем температура воды. Между тем расход энергии в обоих случаях будет одинаков. Это значит, что оба процесса обладают равной мощностью, в то время как интенсивность нагревания воздуха в 4 раза больше, чем воды.

2. Горная река переносит в минуту некоторое количество известняковой гальки (удельный вес – 2,0), другая река за тот же срок переносит на то же расстояние точно такое же количество гранитной гальки (удельный вес – 2,5). Интенсивность обоих процессов одинакова, в то время как мощность второго на 25% больше.

Понятие интенсивности характеризует изменения физико-географической среды, непосредственно воспринимаемые нашими чувствами, но оно не годится для сравнения разнородных процессов. Понятие мощности характеризует расход энергии на процессы с учетом энергоемкости последних. Оно позволяет сравнивать между собой любые процессы, но не всегда дает наглядную картину происшедших изменений. Исследователю, в зависимости от поставленных перед ним целей, предоставляется возможность пользоваться тем или другим методом.

Закон интенсивности в той форме, в которой он приведен выше, отличается весьма общим характером и при всем своем теоретическом значении мало может дать для практического изучения физико-географической среды. Вложить в него более конкретное содержание мы не можем, пока наши сведения о закономерностях, управляющих частными процессами, остаются скудными и отрывочными.

Если описательная, страноведческая география в наше время накопила огромный фактический материал, география физико-географических

процессов еще только начинает его собирать. Задача современных географов, мне думается, как раз и должна состоять в обогащении науки сведениями о таких частных процессах, как воздействие осадков на рельеф, рельефа – на растительность и т.д. По мере накопления материала будут вскрываться все более общие закономерности, а ранее вскрытые – становиться более конкретными.

Познание каждого частного процесса должно заключаться в освещении следующих его сторон: 1) физической сущности его влияния на ландшафт; 2) причинных связей, им управляющих; 3) его годового и векового хода; 4) его распределения и изменения в пространстве; 5) его количественных соотношений, т.е. балансов всех видов материи и энергии, в нем участвующих.

По мере изучения составляющих процессов будет становиться все более ясной и картина их взаимодействия, что со временем даст возможность углубить и конкретизировать универсальные законы, управляющие физико-географическим процессом.

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ФИЗИКИ ЛАНДШАФТА[1]

МЕСТО В СИСТЕМЕ НАУК

Совещание, которому посвящен настоящий сборник, было созвано для обсуждения проблемы физики ландшафта – новой отрасли или, выразимся осторожнее, нового рабочего направления в системе физико-географических наук.

Физика ландшафта – это учение о физическом взаимодействии компонентов ландшафта, точнее, учение о взаимодействии компонентов ландшафта, анализируемом на уровне и методами современной физики. В анализ входит и человек, но он рассматривается исключительно как геофизический фактор. Хотя в проблематику нового направления включается взаимодействие между отдельными как неживыми, так и живыми компонентами, т.е. внутри неполных природных комплексов (гидроклиматического, геолого-геоморфологического и биолого-почвенного), преимущественное внимание оно уделяет взаимодействию внутри ландшафта в целом, и в первую очередь обмену веществом и энергией между живой и неживой природой. В углубленном исследовании именно этой проблемы чувствуется особая нужда; именно она была недостающим звеном в системе физико-географических наук.

Теперь рассмотрим, оригинально ли новое направление науки, не решаются ли все его задачи одним из старых направлений, т.е. не существует ли уже физика ландшафта под другим названием?

Взаимодействия природных явлений, всегда сводящихся к передаче и преобразованию вещества и энергии, изучаются в пределах нашей планеты геофизиками. Но геофизики интересуются преимущественно абиотической средой, а если оценивают параметры вещества и энергии при

---

[1] Статья опубликована в кн. "Геофизика ландшафта". М.: Наука, 1967.

поступлении в организмы и при выбывании из них, например измеряют интенсивность десукции и транспирации, то сам органический мир они рассматривают как включенный в цепь трансформаций "черный ящик", т.е. явление, внутренний механизм которого неизвестен. Наоборот, биологи исследуют только внутренние звенья цепи, задаваясь граничными условиями на входе и выходе из организма.

Изучение цепей превращений, испытываемых веществом и энергией лишь на отдельных отрезках, неполноценно, особенно в практическом отношении. Так, сельскому хозяйству важно знать реакцию растения на изменения среды при любых ее параметрах, но прежде всего при тех, которые возможны и статистически распределены в данной местности. Правда, цепи превращений вещества и энергии приходят из космоса и в него уходят, и нет пока науки, которая могла бы проследить их на всем пути. Но нас интересует в первую очередь ландшафтная сфера Земли (географическая оболочка); физическая география изучает ее в целом и во всех подразделениях и поэтому может охватить прослеживаемый участок цепи до ее границ.

Итак, физика ландшафта отличается от геофизики Земли и атмосферы тем, что она изучает только ландшафтную сферу, но в пределах ее не только мертвую природу, но и физические процессы в живой природе и рассматривает не общие физические закономерности, действительные для всей планеты, но их специфику для каждого полного или неполного природного комплекса любого ранга.

Может показаться, что это новое направление физико-географической науки просто синоним экологии. Но это не совсем так. Экология растений и животных уже; в представлении советских экологов она в отличие от физики ландшафта изучает не взаимодействия между живой природой и средой, но лишь воздействие неорганической среды на живую природу, а также связи внутри последней. В центре внимания экологии стоит приспособление организмов к среде, а состояние и изменение самой среды она не изучает (Поплавская, 1948; Шенников, 1950; Наумов, 1955; Раменский и др., 1956).

В понимании зарубежных исследователей экология уже ближе к физике ландшафта. Так, Одум (Odum, 1960) указывает, что экология – это изучение отношения организмов или групп организмов к их среде или взаимоотношение между живыми организмами и их средой и что ее следует определять как изучение структуры и функций природы, имея в виду, что и человечество есть часть природы.

Но в таком широком понимании экология перерастает в учение об экосистемах, которое в настоящее время бурно развивается в зарубежных странах. Предмет и границы этого учения понимаются разными исследователями весьма различно. П. Дювиньо (Duvigneaud et al., 1962) определяет экосистему как функциональную систему, которая включает сообщество живых существ и их среду. Экосистемы могут быть любого масштаба (от пня до биосферы). Из числа живых существ, подлежащих рассмотрению, не исключается и человек. По П. Дювиньо, эта новая отрасль знания изучает и такие проблемы, как рост и питание населения, "географию голода", загрязнение вод и атмосферы, использование естественных ресурсов – словом, всю сферу взаимодействия природы

и общества, науку, которую И.М. Забелин (1963) предложил называть натурсоциологией. Физика ландшафта, напротив, не затрагивает общественных отношений, ограничиваясь рассмотрением чисто физической стороны явлений.

Пожалуй, физика ландшафта ближе всего к биогеоценологии. Однако объекты последней, в понимании ее автора В.Н. Сукачева (1949, 1964), пространственно и типологически очень ограничены. Они мельче фации, которую Л.С. Берг (1945) и Н.А. Солнцев (1949) считали неделимой, и ограничены границами строго однородных фитоценозов. Природные комплексы, которые должна рассматривать физика ландшафта, могут быть, так же как в учении об экосистемах, разного ранга, разной степени однородности, охватывать как естественный, так и измененный человеком ландшафт. Можно сказать, что физика ландшафта изучает как биогеоценозы, так и любые их системы.

Остается рассмотреть соотношение физики и химии (или геохимии) ландшафта. Это смежные отрасли, провести границу между которыми практически невозможно. По традиции физика как наука о телах в иерархии форм материи стояла над химией как наукой о соединениях молекул и атомов, но физика захватила в свою сферу учение о структуре атома и его ядра. Когда было установлено, что все химические процессы обусловлены электромагнитными, т.е. физическими, силами, химия логически (но не по своей практической значимости) стала разделом физики. То же можно сказать о разделах физики и химии, изучающих преломление их законов в конкретных условиях разнообразных типов ландшафта. Трудно, например, отделить физику от химии, когда первая изучает цикл воды в ландшафтной сфере и отдельных ландшафтах, а вторая – цикл химических элементов, в том числе водорода и кислорода, эту воду составляющих. Однако химия ландшафта возникла примерно на десять лет раньше, чем физика ландшафта (Арманд, 1964). Методика обеих отраслей, так же как и научные центры их разработки, различны.

Сближение физики и химии ландшафта как в теоретических, так и в практических целях совершенно необходимо. Можно предвидеть, что через несколько лет сформируется физикохимия ландшафта, исследующая современными точными методами все процессы динамики, формирования и развития ландшафта. Однако включать в название объединенной науки и биологию нет надобности. Теперь широко распространено представление, что особые "законы жизни" – это не что иное, как особо сложное сочетание простых законов физики. Другое дело, что для познания наиболее совершенных проявлений их, таких, как процесс размножения, некоторые вегетативные физиологические процессы, инстинкты и рефлексы животных, необходимо применение своеобразных методов, обычно в физике неприменяемых. Но физикохимия ландшафта, как правило, не будет вторгаться в эти области, для познания же органического мира как одного из механизмов, обеспечивающих обмен вещества и энергии в ландшафтной сфере, физических и химических методов исследования достаточно.

Наконец, может возникнуть вопрос, не явится ли физикохимия ландшафта просто новой фазой ландшафтоведения, в свою очередь понимаемого как региональная комплексная физическая география. Если говорить

о будущем, то, вероятно, так оно и есть. Вскоре изучение ландшафта иными методами, чем физико-химическими, станет просто непродуктивным, а любая оценка свойств ландшафта в терминах иных, чем термины математической статистики и теории вероятности, покажется безнадежно архаичной. Ученые будут стремиться не открывать все новые географические законы, а сводить их число к минимуму, доказывать, что тот или иной ранее открытый географический закон есть лишь лемма основных законов физики и математических постулатов.

Найдется ли при новой формулировке задач ландашафтоведения место типологии ландшафта и районированию, которые сейчас часто считаются его альфой и омегой? Безусловно. Нельзя изучать суть процессов, протекающих в ландшафте, не выделив в нем относительные качественные и территориальные единства. Но при таком понимании типология и районирование займут место предварительных операций, подготавливающих решение основных задач науки или прикладных операций, создающих направляющие линии для народнохозяйственного проектирования.

Остановимся теперь на названии новой отрасли. Термин "геофизика ландшафта", уже получивший некоторое распространение, представляется нам неправильным, поскольку под геофизикой понимается физика Земли, т.е. планеты, тогда как предметом новой отрасли является, как уже указывалось, изучение лишь ландшафта, ландшафтной сферы. К тому же словосочетание "геофизика ландшафта", т.е. "физика Земли ландшафта", непонятно и семантически недопустимо. К сожалению, его не так легко изменить, как и столь же нелогично название "геохимия ландшафта", которое пустило глубокие корни в литературе.

Методы собственно физики ландшафта крайне разнообразны. Как и в любой области физической географии, они делятся на методы: 1) сбора фактического материала; 2) систематизации, т.е. приведения к виду, удобному для пользования; 3) научного обобщения (Арманд, 1961а).

Сбор фактического материала проводится на этапах ознакомления с литературными и фондовыми материалами, районирования, маршрутных и стационарных наблюдений. Последние делятся на наблюдения в природе и эксперимент, который в свою очередь может ставиться как в природе путем изменения одного из действующих факторов, так и в лаборатории при полной изоляции моделируемого процесса от случайных воздействий. Некоторые приемы сбора фактического материала были перечислены в нашей более ранней работе (Арманд, 1964, с. 20, пункты 1–4).

В настоящее время при любых методах сбора материала нельзя ограничиваться вольным текстом, заносимым в полевую книжку. В лучшем случае он может служить дополнением кода, фиксируемого на перфокартах, – единственного источника информации, обеспечивающего необходимый минимум сведений и стандартность записи и одновременно облегчающего следующий этап – систематизацию. Перфокарты особенно удобны для комплексных исследований, когда при каждом наблюдении или в каждом пункте приходится фиксировать множество данных. Это имеет место при отборе библиографических данных, описании маршрутных станций для типологического и регионального районирования ландшафта, описании компонентов ландшафта для составления специальных карт. Журнально-бланковая форма записи может сохраниться для простых

количественных измерений, например, при периодической записи показаний приборов. Бланковый и перфокартный методы открывают возможности частичного слияния этапов сбора материалов и систематизации, так как уже при сборе данные записываются в систематизированном виде (Александрова, 1964).

Географам, желающим обрабатывать свои материалы на счетно-решающих устройствах, необходимо овладеть хотя бы основами программирования. Без этого нужные данные могут быть упущены, составленный макет перфокарты может оказаться неудачным, а задание машине – неверно сформулированным, что сделает невозможным составление алгоритма.

БАЛАНС ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ

Поскольку основной задачей физики ландшафта является изучение перемещений и превращений вещества и энергии, среди методов научного обобщения материалов особое значение приобретает метод балансов (Арманд, 1947а). Этот метод позволяет оценивать количество различных форм вещества и энергии, поступающих в ландшафт и выходящих из него, прослеживать динамику суточных и годовых циклов, анализировать распределение потоков вещества и энергии по разным каналам в зависимости от типа ландшафта, вскрывать тенденцию вековых изменений.

Наиболее разработаны, хотя еще далеко несовершенны, методы составления трех взаимосвязанных балансов: радиационного, теплового и водного. Однако ими не исчерпываются возможности балансового метода в применении к абиотическим компонентам ландшафта. Энергетические потоки, проходящие через балансируемый объем, не ограничиваются солнечной радиацией и длинноволновым излучением. Возможно составление баланса кинетической энергии ветра, энергии водяного пара и облаков, как потенциальной, связанной с их высотным положением, так и тепловой, связанной с термическим и фазовым состоянием водных запасов атмосферы. Количественно, в энергетических терминах, еще не изучено взаимодействие ветра с подстилающей поверхностью: гашение энергии ветра, изменение испарения и транспирации, дефляция, перевевание снега. Огромная суммарная энергия падающего дождя не может не оказывать влияния на растительность и верхний горизонт почвы. В массе осадков остается запас потенциальной энергии, пропорциональный альтитудам мест выпадения. Этот запас преобразуется в энергию потоков, не только производящих эрозию и транспортирующих наносы, но и осовобождающих, подобно реле, огромную потенциальную энергию горных пород и почвы, покоящихся над базисом денудации.

Исследование балансов энергии ветра и атмосферной влаги не покажется слишком отвлеченным, если мы учтем приближение эпохи управления климатом – задачи именно энергетической, требующей точного знания мощности как катализаторов, так и подлежащих их воздействию воздушных масс.

Наименее разработан баланс биомассы. Здесь сами измеряемые параметры очень сложны и множественны (Арманд, 1949а). Если говорить о фитомассе, то ее годовой приход устанавливается путем периодического

взвешивания единовременного запаса. Но годовой так называемый брутто-приход не равен разности между максимумом и минимумом годового хода, но всегда больше его, так как, кроме разового осеннего увядания, непрерывно происходят расход живой растительной ткани на дыхание, частичное отмирание органов (опад), поедание растений животными и преждевременное умирание растений по какой-либо причине (отпад). И если считать годовым приходом не указанную разность (нетто-приход), а всю сумму непрерывно синтезируемой фитомассы, эти статьи расхода должны учитываться.

Годовой баланс многолетних и однолетних фитоценозов принципиально различен. В подрастающем лесу годовая балансовая разность всегда положительна, при достижении спелости и нормальном возобновлении она становится нейтральной, при возникновении неблагоприятных условий лес деградирует и разность становится отрицательной. Но во всех случаях в лесу годовой прирост фитомассы намного меньше единовременной массы, в составе которой подавляющую роль играет переходящий запас древесины. В однолетних ценозах, например полевых культурах, годовой минимум равен нулю. Балансовая разность также всегда равна нулю, но в данном случае по этому признаку уже нельзя судить о стабильности ландшафта; тенденция развития может быть вскрыта лишь сравнением годовых максимумов (урожаев).

Таким образом, для сообщества однолетних растений значимый годовой прирост положительной и отрицательной частей баланса всегда связан с изменением условий среды (свет, тепло, влага, углекислота, питательные вещества почвы, трофические связи), для сообщества многолетних – как с изменением условий, так и с возрастом. Динамика естественного травостоя соответствует динамике однолетних культур лишь в том случае, если мы условно абстрагируемся от массы перезимовывающих подземных органов растений ввиду чрезвычайной трудности ее учета. В действительности фитомасса травостоя изменяется по смешанному типу, причем подземные части многолетников и семена однолетников играют роль переходящего запаса.

Единовременный запас фитомассы обычно измеряется в единицах сухого веса. Однако для годового прихода измерение в этих единицах приобретает несколько фиктивный характер, так как масса прихода, постоянно несущая потери, никогда одновременно в полном объеме не существует. В этом случае более правильно пересчитывать приход в весовые единицы углерода, связанного за балансовый период в ходе фотосинтеза. Но и этот способ несовершенен. Во-первых, при отмирании растений не происходит немедленного освобождения углерода хотя бы до формы окисла, а осуществляется лишь постепенный переход его в более простые органические соединения; в балансе появляется промежуточная категория мертвой органики – опад, в свою очередь проходящий на пути к минерализации ряд стадий. Во-вторых, в процессе как фотосинтеза, так и последующей ассимиляции углерод переходит в более или менее высокомолекулярные соединения, так что то же количество С может создать разную биомассу в зависимости от количества О, Н, N, Са и других атомов, входящих в молекулы клетчатки, сахаров, кислот, белков, элементоорганических соединений и т.д.

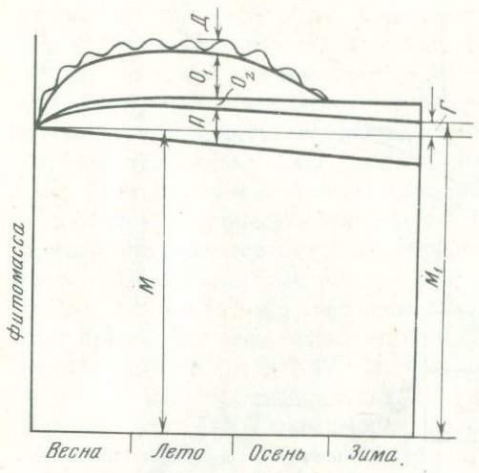


Рис. 1. Годовая динамика фитомассы в многолетнем растущем ценозе
Г – годовой прирост многолетних частей. В развивающемся ценозе $M_1 > M$ и $Г > 0$, в достигшем спелосте ценозе $M = M_1$ и $Г = 0$, в умирающем ценозе $M < M_1$ и $Г < 0$

Качественные различия создаваемой фитомассы могут быть учтены количественно при переходе к энергетическому балансу, т.е. при учете в калориях энергии, поглощаемой сообществом при синтезе органического вещества и освобождающейся при распаде растений. Ценность такого метода станет очевидной, если вспомнить, что, с одной стороны, эндотермические реакции синтеза требуют тем больше энергии, чем более высокомолекулярные соединения при них возникают, с другой – именно эти соединения имеют наибольшую питательную или кормовую ценность, недаром именуемую калорийностью. Полное потребление энергии фитоценозом не ограничивается расходом на фотосинтезе. Ход дальнейших реакций, переводящих органические вещества на более высокий энергетический уровень, десукция и транспирация также требуют расхода энергии и сильно зависят от термического режима биотопа.

Для изучения динамики ландшафта, т.е. быстроты пропускания неорганического вещества через организмы, весьма важно понятие оборачиваемости биомассы. В применении к фитомассе один из способов ее выражения – это формула, аналогичная формуле оборачиваемости капитала, выражающей скорость оборота (в днях):

$$T = \frac{365\,M}{Ф}, \qquad (1)$$

где Ф – полная продукция фитоценоза за цикл, всегда равный году; М – многолетний запас, т.е. фитомасса, содержащаяся в стволах, ветвях и корнях деревьев, корневищах, луковицах, неотмирающих корнях и семенах трав. Формула (1) дает основную продолжительность оборота, а формула (2) – число оборотов в год:

$$N = \frac{Ф}{M}. \qquad (2)$$

Нетрудно заметить, что если $Ф > M$, что возможно у травянистых фитоценозов, то Т получается меньше года, а N – больше единицы. Наоборот, если $Ф < M$, что типично для леса, то Т получается больше года и часто равно нескольким годам, а N равно правильной дроби. Если подходить с точки зрения среды, вовлекаемой в оборот, то следует принимать $Ф = П + O_1 + O_2 + Д$, где П – нетто-продукция фитомассы, минус семена; O_1 – опад и отпад в течение вегетационного периода и поедание живот-

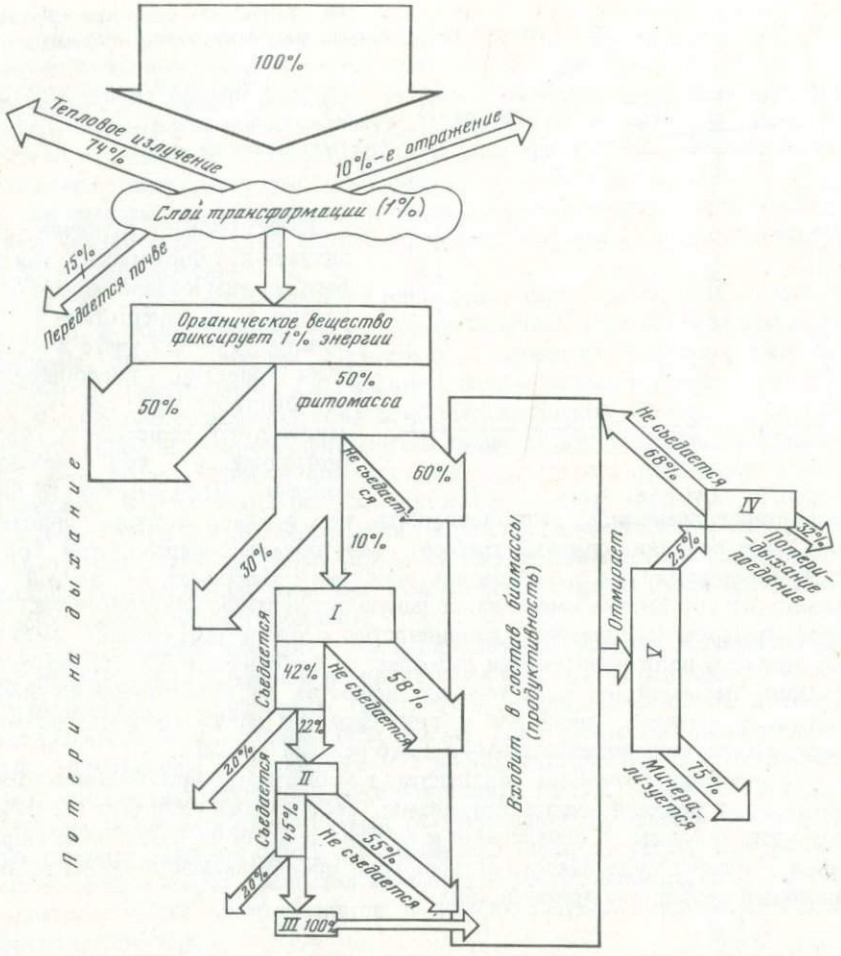


Рис. 2. Перераспределение солнечной энергии, поглощенной растительностью в ходе трофических связей на примере лесов Западной Европы, по П. Дювиньо (Duvigneaud et al., 1962)

I—травоядные; *II*— плотоядные; *III*— вторичные плотоядные; *IV*— сапрофаги, копрофаги; *V*— мертвые организмы

ными однолетних частей растений; O_2 – то же, многолетних; Д – потери массы на дыхание (рис. 1). Если учитывать только устойчивые продукты полураспада, например гумус, то газообразную фракцию Д принимать во внимание не нужно.

Измерения динамики зоомассы во многом подобны измерениям фитомассы. Здесь годовой приход и расход также значительно больше разности между максимальным (летним) и минимальным (зимним) единовременным запасом, так как много животных погибает во все сезоны. Переходящий остаток мал, так как наибольшей массой обладают группировки низших животных – насекомых, червей, простейших, в основном погибающих при наступлении зимы. Поскольку у наземных беспозвоночных, сос-

тавляющих бо́льшую часть биомассы, жизненный цикл в подавляющей части случаев меньше года, то оборачиваемость в общем велика; она увеличивается от высших типов и классов к низшим.

Если процесс фитосинтеза и минерального питания растений всегда приводит к приросту суммарной биомассы в данном ландшафте, то при питании травоядных животных зоомасса растет, но общая биомасса уменьшается, так как только часть усвояемой фитомассы превращается в зоомассу (вторичную биомассу). При питании хищников по той же причине уменьшается не только общая биомасса, но и зоомасса. По П. Дювиньо (Duvigneaud et al., 1962), нужно 8211 кг люцерны, чтобы произвести 1035 кг телячьего мяса; последнее, будучи в свою очередь съедено детьми, дает прирост их веса только на 48 кг. Соответственно $6{,}3 \cdot 10^9$ кал солнечной энергии дают $1{,}49 \cdot 10^7$ кал, связанных в фитомассе люцерны, $1{,}19 \cdot 10^6$ кал в зоомассе телят и $8{,}3 \cdot 10^3$ кал в теле человека (рис. 2). Анализ такого рода зависимостей позволяет сделать далеко идущие практические выводы, например вывод о будущем неизбежном возрастании в сельском хозяйстве доли растениеводства за счет животноводства и соответственно об увеличении в рационе человека растительной пищи за счет животной.

Для изучения почвообразовательного процесса и общих закономерностей потоков вещества в биосфере представляет интерес суммарный баланс биомассы.

Может возникнуть вопрос: целесообразно ли сравнение в одинаковых единицах движения вещества и энергии в живой и неживой природе? Сравнение прихода и расхода качественно различной массы органической и неорганической материи, очевидно, смысла не имеет. Но распределение потоков энергии, происходящей в конечном счете из одного источника, между разными процессами – биологическими, климатическими и геоморфологическими – представляет значительный интерес, в частности, для определения энергетических запасов разного вида ресурсов. Общей единицей измерения может служить энергия, затрачиваемая или освобождающаяся в ходе отдельных процессов в единицу времени, т.е. мощность, выражаемая в киловаттах. Трактовка в калориях в час или год также возможна, но для гидрологических и геоморфологических процессов, осуществляющихся за счет превращения потенциальной энергии в кинетическую, она неудобна.

СТРУКТУРА ЛАНДШАФТА

Каждая экологическая система в самой общей форме характеризуется балансами вещества и энергии и структурой. Последний фактор очень важен. При обилии материала и интенсивном притоке энергии физико-географические процессы могут развиваться в ту или иную сторону, быстро или медленно в зависимости от структуры ландшафта. Плановое преобразование природы собственно и заключается в создании структуры, которая, используя постоянный приток солнечной энергии, способна эффективно перерабатывать наличный и поступающий запас вещества в полезное сырье и при этом создавать благоприятную для человека среду.

Балансы вещества и энергии – количественные характеристики процес-

сов, протекающих в экосистемах. Но может ли быть количественно охарактеризована структура? Очевидно, да. В условиях естественного ландшафта для этого могут служить такие показатели, как коэффициент использования солнечной энергии, оборачиваемость биомассы, интенсивность размножения (оборачиваемость поколений), в неживой природе – интенсивность денудации и т.п. Если речь идет об эксплуатируемом культурном ландшафте, то к количественным показателям структуры относятся и такие экономические категории, как урожай, получаемая прибыль, быстрота окупаемости капиталовложений и т.д. (Mazur, 1964).

Отдельными механизмами, входящими в состав структуры, являются рельеф, атмосферная циркуляция, почвенный профиль, биоценозы. Энергетический уровень, на котором "работает" ландшафт, состоит из двух частей: обменной и накопленной.

Обменная часть – это главным образом приходящая солнечная радиация, но также адвективное тепло и тепло фазовых превращений воды, поступление тепла из земной коры, кинетическая энергия падающих осадков и их потенциальная энергия, остающаяся после выпадения на приподнятые части рельефа (энергия стока).

Накопленная главным образом в ходе тектонических движений энергия – это потенциальная энергия горных пород, озер и ледников, покоящихся над базисом эрозии, химическая энергия неорганических соединений с высоким энергетическим уровнем, а также органических соединений в многолетнем запасе биомассы. Накопленная энергия (энергетическая память ландшафта) может освобождаться и принимать участие в развитии ландшафта, только если она освобождена с помощью реле несравненно более слабых источников обменной энергии.

Структура экосистем определяет весь ход их развития. Бóльшая часть саморазвивающихся систем в начале развития характеризуется положительными обратными связями, вследствие чего процесс развития сам себя усиливает. Но затем возникают отрицательные обратные связи, которые тормозят процесс и приводят к его затуханию или даже направляют в обратную сторону. Это процессы типа 3 и 4 (Арманд, 1963, с. 60). В обоих случаях кривая развития имеет *S*-образный перегиб. Указанная закономерность справедлива и для живой и для не живой природы. В самой общей форме она является следствием того, что процесс, изменяя среду и структуру системы, тем самым обусловливает невозможность своего продолжения. Так, перегиб может вызываться накоплением солей и других вредных веществ в организме животного, накоплением аллювия и выработкой профиля равновесия речной долиной, достижением материковым ледником высоты, при которой осадки становятся меньше абляции (все это тип 3), или колебаниями популяции хищников, периодически уменьшающих популяцию своих жертв (тип 4).

М. Мазур (Mazur, 1964) описывает процесс, сначала усиливающийся, затем затухающий (процесс типа 3), в применении к организму формулой

$$W = K \cdot a_0 \cdot g_f \cdot e^{-At}(1 - e^{-Qt}), \qquad (3)$$

где W – мощность; a_0 – количественный показатель структуры в начале развития; g_f – количество биомассы в момент максимального развития;

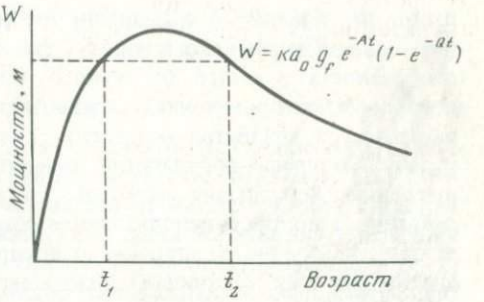


Рис. 3. Мощность организма, по М.Мазуру (Mazur, 1964)

e – основание натуральных логарифмов; t – время от начала процесса (текущая координата); A – коэффициент старения, Q – коэффициент развития; K – коэффициент пропорциональности (символы нами изменены).

Несмотря на несколько неопределенный характер части входящих в уравнение величин, оно хорошо описывает принципиальный ход процесса. Аналитическая форма уравнения видна на рис. 3. На нем ОМ – энергетический уровень, при котором организм способен к самовоспроизводству (плодоношению); t_1 и t_2 – моменты появления и исчезновения воспроизводящей способности.

Хотя формула (3) предложена для организма, в принципе она может характеризовать некоторые экологические и вообще природные системы. Так, по кривой рис. 3 идет развитие плодового сада, березняка, временно вытеснившего хвойный лес на гари или вырубке, рост оврага. В последнем случае t_1 и t_2 могут означать, например, начало и конец способности временного водотока переносить определенную фракцию наносов.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛАНДШАФТА

За последние десятилетия в СССР получила распространение практика произвольного использования ландшафта. Она заключается в стремлении преобразовывать ландшафт без достаточного его изучения, без учета существующих природных взаимосвязей и без попыток прогноза последствий, вызываемых вмешательством человека. Вид использования ландшафта определялся исходя из общих потребностей, которые устанавливались плановыми органами и проектными институтами. Между тем эти учреждения, не располагавшие кадастрами ресурсов, часто не учитывали всеобщность природных и хозяйственных взаимосвязей. Они, не имея в своем составе специалистов с географическим и биологическим образованием, сплошь и рядом преследовали лишь узкую непосредственную цель и, стремясь к ее достижению, совершали грубые ошибки, из-за чего отрицательный эффект возникал там, где его меньше всего ожидали.

В качестве примеров можно привести сплошное сведение лесов на огромных, в том числе водоохранных, площадях, распашку эрозионно опасных склонов и дефляционно опасных легких почв, нерасчетливый отвод лучших сельскохозяйственных земель под застройку и затопление, создание бесполезных государственных лесных полос и шаблонное (без геофизического расчета) проектирование полезащитных полос, массовое строительство прудов на карсте, продвижение на север теплолюбивых культур и создание ирригационных систем без планации полей.

Несомненно, что власть человека над природой велика и постоянно

растет, несомненно, что социалистический строй раскрывает исключительные возможности направленного преобразования природы. Однако целесообразность каждого отдельного мероприятия, выбор времени, места и способа его проведения должны проверяться экономическим расчетом, а структура хозяйства – проектироваться с установкой на наибольшую отдачу. Интересы государства именно в том и заключаются, чтобы все природные механизмы работали с наивысшим коэффициентом полезного действия, а вопросы использования естественных ресурсов решались комплексно, на основе расширенного воспроизводства и с дальним прицелом. Именно на этих принципах должно строиться государственное и районное планирование.

В наше время человек может в любом месте построить почти любое сооружение или вырастить любые культуры. Но когда это строительство производится без учета природных условий и ресурсов, оно требует огромных и неоправданных затрат и часто приводит к отрицательным последствиям. Правильный же подход к использованию ландшафта заключается в том, чтобы дать с затратой малых средств природным процессам толчок в нужном направлении, использовав их скрытые возможности и тенденции, и в дальнейшем заставить природу саму работать на себя бесплатно. Но для этого необходимо хорошо знать внутренний механизм природных явлений, материальные и энергетические ресурсы. Одним из средств этого познания и может стать физика ландшафта.

Подготовка ландшафта к использованию бывает весьма различной: от минимальных изменений, например, при использовании под охотничье угодье до полной перестройки при добыче полезных ископаемых или городской застройке. Даже в последнем случае изучение свойств и ресурсов ландшафта, в том числе роли его полностью уничтожаемых компонентов, весьма важно, так как эта перестройка может привести к косвенным последствиям, при которых горные работы будут крайне затруднены (например, затоплением грунтовыми водами), а условия жизни в новом городе окажутся антисанитарными. Тем более необходимо познание природных связей при использовании ландшафта для сельского и лесного хозяйства, когда его основные компоненты – микроклимат, рельеф, почвы – подвергаются лишь ограниченной перестройке.

В настоящее время географы стремятся овладеть умением предсказывать последствия воздействия хозяйственной деятельности на ландшафт. Аналогично и задачей географа должно быть не прогнозирование, а программирование ландшафта, обладающего заданными свойствами и производительностью. В применении к сельскому и лесному хозяйству основой программирования явится обеспечение ландшафта источниками питания и факторами развития растений в должных пропорциях. Рецептура этого сочетания зависит от технических возможностей и эффективности мелиораций, предпринимаемых для внесения корректив в существующий природный комплекс. Выбор сочетания свойств преобразованного ландшафта должен осуществляться, как и при всяком проектировании, путем расчета ряда вариантов, причем этот расчет может заключаться как в проверке разных гипотез использования угодий, так и в определении выгодности различной глубины преобразования при реализации того или иного варианта.

А.А. Григорьев и М.И. Будыко (1956)[2] показали, что продуктивность плакорных ландшафтов примерно следует ходу радиационного индекса сухости $IR = \frac{R}{Lr}$ (R – сумма приходящей радиации; r – годовые осадки; L – скрытая теплота испарения), который колеблется в пределах от 0,2 до 3 с лишним. Продуктивность сперва возрастает до $IR = 0{,}8 + 1{,}0$, затем вновь падает. Кроме того, она увеличивается от цикла к циклу с ростом энергетической базы. Если следовать от полюса к экватору, величина трижды проходит через максимум. Однако от такого упрощенного представления о подобии всех трех циклов следует отказаться. Как видно из рис. 4, индекс сухости в среднем секторе Евразии и Северной Африки (для которых только и можно проследить его ход вдоль меридиана) в направлении на юг в умеренном поясе нарастает, в субтропическом убывает скачкообразно до 1, минуя малые значения, затем вновь возрастает до максимума и постепенно падает до минимума в экваториально-тропическом поясе, причем, как установлено А.В. Дроздовым, в последнем случае падения продуктивности растительности не происходит, так как место мезофитов, максимум продуктивности которых лежит около $IR = 1$, занимают, как указал В.Д. Лопатин (1959), гигрофиты, приспособленные к значительно большей влажности.

При всем принципиальном значении периодического закона географической зональности его явно недостаточно для определения предела урожайности культур или естественных растительных сообществ, хотя бы потому, что площадь плакоров с типичными зональными почвами в балансе сельскохозяйственных земель ограничена. Изменение крутизны склонов, солнечной и ветровой экспозиции, снегозаносимости, водных свойств почв и других характеристик малых участков местности существенно изменяет соотношение и потенциал главных факторов плодородия – солнечной радиации и влаги.

Поэтому насущной задачей физики ландшафта являются видоизменение для малых территорий формулы индекса сухости и разработка методов его определения. Изменение для этого случая формулы $IR = R/Lr$ необходимо потому, что средние многолетние осадки, постоянные на больших площадях, недостаточно тесно коррелируются с фактическим увлажнением почвы отдельных угодий. Увлажнение зависит не только от абсолютной величины осадков, но и от их перераспределения по площади, связанного, во-первых, с метелевым переносом снега, во-вторых, с неравномерным увлажнением дождями склонов различной ветровой экспозиции. Далее осадки, практически попавшие на почву, могут в зависимости от упомянутых выше почвенно-геоморфологических факторов по-разному распределяться между стоком, фильтрацией и полным испарением.

Возможно, что именно последнее слагаемое расходной части водного баланса лучше всего коррелируется с продуктивностью фитомассы и должно служить показателем количества влаги, получаемой растительностью в измененной формуле индекса сухости. При этом на низких элементах рельефа, получающих дополнительное питание от грунтовых вод, испарение может быть больше осадков. Наконец, для малых участков необ-

[2] См. также: А.А. Григорьев (1957).

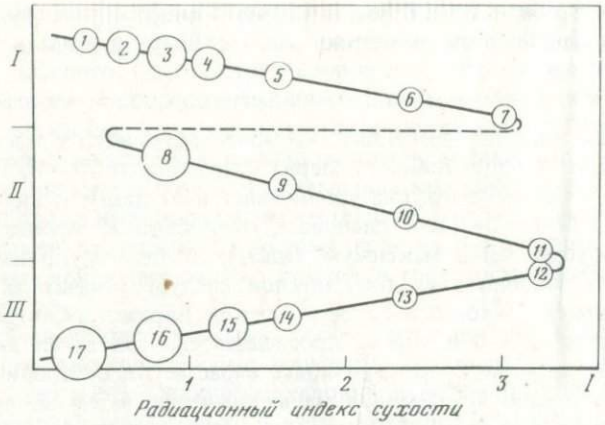


Рис. 4. Периодический закон зональности

Пояса: I – умеренный; II – субтропический; III – экваториально-тропический; *1* – тундра; *2* – тайга; *3* – лиственный лес; *4* – лесостепь; *5* – степь; *6* – полупустыня; *7* – пустыня умеренного пояса; *8* – вечнозеленые леса; *9* – субтропическая степь; *10* – то же, полупустыня; *11* – то же, пустыня; *12* – тропическая пустыня; *13* – опустыненная саванна; *14* – сухие кустарники и саванна; *15* – леса саванновые; *16* – то же, субэкваториальные; *17* – гилея

ходимо учитывать, что R в формуле IR изменяется в зависимости от уклона и экспозиции склонов.

Важность для сельского хозяйства агрохимических карт теперь широко признана и поставлена цель довести дифференциацию их контуров до отдельного угодья и элемента рельефа. Однако необходимость дифференциации приемов ведения сельского хозяйства в соответствии с вариацией на малых площадях индекса сухости и его ингредиентов – солнечной радиации и увлажнения – из внимания упускается. Интересно отметить, что в холмистых районах некоторых стран эта разница в инсоляции и осадках учитывается вековым опытом земледельцев, причем на склонах различных экспозиций практикуются разные севообороты, агротехника и нормы удобрений.

На Курской полевой экспериментальной базе Института географии АН СССР начаты работы по крупномасштабному типологическому ландшафтному районированию нового типа с целью изыскания путей к устранению указанного недостатка. В основу типологии угодий кладутся количественные градации основных параметров, определяющих степень благоприятности среды для произрастания полезных растений. Предусматривается, что районирование будет трехступенчатым. На первой ступени выделяются участки (ареалы типов ландшафта), получающие равные, т.е. лежащие в пределах принятого интервала, количества приходящей лучистой энергии. На второй ступени они делятся по обеспеченности влагой, на третьей – по содержанию в почве минеральных и органических элементов питания. Факторы, не менее важные для растений, но мало изменяющиеся в масштабе отдельных землепользований (адвективное тепло и содержание CO_2 в воздухе), на данном этапе районирования не учитываются.

Это ландшафтное районирование рассматривается как синтетическая

работа, в которой используются результаты исследований по более частным темам. Данные климатических, гидрологических, снежных и почвенных исследований должны быть привязаны к определенным элементам рельефа и обеспечить последние балансовыми характеристиками. По геоботаническим и геозоологическим данным должно быть установлено, какое количество биомассы может быть произведено при том или ином сочетании физических и химических факторов.

Чтобы данные по отраслевым исследованиям могли быть использованы для составления ландшафтной картины, они должны быть целеустремленно запланированы и методически согласованы друг с другом, в частности, в отношении места и сроков наблюдений, единиц измерения и форм записи. Можно думать, что упорядочение системы бланков и перфокарт сыграет существенную роль во взаимной увязке наблюдений.

Как было сказано выше, районированием результаты исследований по физике и химии ландшафта не исчерпываются. Изучение отдельных его структур и механизмов имеет также самостоятельную теоретическую ценность и может найти разнообразное практическое применение.

В настоящее время ведется работа над первой (верхней) ступенью районирования. В методике выявления количественных характеристик второй и третьей ступеней еще много неясного. Получение количественных характеристик для всех элементов рельефа путем непосредственных измерений очень трудоемко и может осуществляться только на стационарах научных учреждений. Впоследствии необходимо разработать упрощенные методы составления ландшафтных карт на основе данных метеорологической сети, крупномасштабных топографических и почвенных карт, планшетов аэросъемки и планов землеустройства.

Такие карты, составленные на обширные территории, могут рассматриваться как кадастровые и, соединяя в себе содержание микроклиматических, почвенно-эрозионных и агрохимических карт, смогут послужить научным основанием мелиорации, качественной оценки земель, организации территории и объективного планирования сельского и лесного хозяйства. Такие карты практически являются паспортами участков, позволят наиболее выгодно использовать их естественные ресурсы и условия и реалистически оценить возможности освоения и увеличения производственного потенциала ландшафта.

НОВИЗНА ИСТИННАЯ И ФОРМАЛЬНАЯ[1]

Если ограничиваться общей и физической географией, то я бы сказал так: новых задач очень много, новых плодотворных методов – достаточно, новых открытий, положительных результатов пока маловато. Во всяком случае, все, что способствует расширению наших знаний о ландшафтной сфере, все, что помогает оттачиванию новых методов исследования и познания, все, что позволяет взглянуть на природу и отношения

[1] Статья опубликована в кн.: "Новое в физической географии". М.: Мысль, 1975.

к ней человека с новой точки зрения, безусловно заслуживает всяческого одобрения.

Задачи, поставленные перед географией научно-технической революцией, поистине огромны. Прежде всего не разработана теория физической географии. Не установлена даже соответствующая терминология. Не создана элементарная формализация основных положений и терминов физической географии.

Многое может прояснить в жизни ландшафтов и геосистем (что отнюдь не одно и то же) метод моделирования. Он может помочь выделить костяк явлений из поразительного их многообразия, может упорядочить наши представления о взаимосвязях, существующих в ландшафте. Работа по моделированию только начинается.

Новая область – сближение с экологией. Прежняя биологическая экология была однобока: она интересовалась только влиянием среды на биоту. Она должна быть оплодотворена союзом с географией, должна обрести симметрию и начать в не меньшей мере интересоваться влиянием биоты на неорганическую материю.

Неограниченные возможности имеются в области учета продуктивности ландшафтной сферы. Очень грубо подсчитана только первичная продуктивность и почти не затронута вторичная. Между тем уточнение этого вопроса важно не только с точки зрения возможности пропитания человечества, но и с точки зрения обмена веществ, химического равновесия всей планеты. Эта задача перерастает в проблему вообще всяких ресурсов человечества, вещественных и энергетических, органических и косных, индустриальных и сельскохозяйственных. Методы их учета, оценки кадастров еще не разработаны, еще служат предметом дискуссий.

От ресурсов прямой переход к проблеме балансов, которая все еще недооценивается. Между тем без составления балансов энергии, воды, кислорода, углекислоты, масс земной коры, органического вещества невозможно понимание ни одной отрасли "хозяйства" Земли, ни одного этапа его эволюции. А между тем географы еще не начали составлять балансы геосистем или типов ландшафта.

Старейшее направление географии – районирование – нуждается в усовершенствовании: необходимо ввести логические нормы в классификацию типов ландшафта, разработать критерии деления территории для различных отраслей народного хозяйства, разобраться в вопросе о том, что в задаче районирования исходит от природной дифференциации территорий, а что является творческим вкладом ученого.

Большие возможности, особенно перед ландшафтоведением, открывают физика и химия ландшафтов. Особенно велико значение математических методов, способных поднять на более высокую ступень все разделы географии и, что особенно ценно, ее теорию.

Очень мало до сих пор применяется в географии экспериментальный метод. Он не только может облегчить понимание многих закономерностей, но и во многих случаях является лучшим способом уверенного составления географических прогнозов – того вклада, которого больше всего ждут от географов работники ряда отраслей народного хозяйства.

Сейчас общепризнано, что стационарный метод исследований по крайней мере сравнялся по значению с экспедиционным. Это особенно подчер-

кивается благодаря тому обстоятельству, что во главу угла теперь ставится не морфологическое изучение ландшафтов, а анализ всех имеющихся в них внешних и внутренних взаимосвязей. Изучать их можно лишь длительно, детально и на ограниченных пространствах. Только немногие регионы изучены стационарным методом.

Наконец, в области конструктивной географии перед физико-географами возникает задача перевооружения. Чтобы быть компетентными в важнейших областях внедрения своих знаний в практику, надо овладеть основами экономической географии и разбираться хотя бы в одной из следующих прикладных дисциплин: мелиорации, агрономии, лесоводстве, гидротехнике, ландшафтной архитектуре, дорожном строительстве, планировании городов. Сочетание географии со знанием отраслей открывает безграничные возможности в организации ландшафтов природно-технических комплексов, культурных сельскохозяйственных районов, рекреационных зон (природных парков) и заповедников.

Во всех перечисленных областях географии уже начата работа. Но она ведется лишь небольшими группами и одиночками-энтузиастами. Между тем открыта дорога для поистине массового наступления на теоретическом и практическом фронтах и для разъяснения географических представлений широким слоям населения. Это особенно необходимо сейчас, в эпоху научно-технической революции, когда ошибки, совершаемые по незнанию, могут иметь тяжелые последствия для биологической и геофизической жизни планеты.

Тем более досадно, что в последнее время некоторая часть географов пошла по пути формальных новшеств; они затрачивают свои силы на введение модных, но, по существу, неплодотворных течений или упражняются в написании статей таким витиеватым языком, что их почти никто не понимает.

Я всегда был сторонником внедрения в географию математических методов. Но вот передо мной брошюра, казалось бы, на географическую тему (nomina sunt odiosa) – три печатных листа сплошных формул, нашпигованная трехэтажными интегралами, сигмами интегралов, операторами, матрицами, векторами, символами булевой алгебры, терминами теории вероятностей и т.д. Ни малейшей попытки популяризации или по крайней мере разъяснения простыми словами, в чем суть проблемы. На кого она рассчитана? Тираж 1500 экземпляров, но вряд ли в СССР найдется десяток географов, способных прочитать брошюру до конца (я не принадлежу к их числу). Авторам, кажется, доставляет удовольствие, что читатели их не понимают. Это дает им чувство собственного превосходства.

К сожалению, часто можно заметить, что географы, поднявшиеся в знании математики хоть немного выше среднего уровня, проявляют математический снобизм вместо того, чтобы попытаться объяснить свои достижения и тем помочь другим подняться до их уровня. Иную статью прочтешь – словно прослушал канон. Автор пальцы развивает, но к географической музыке отношения не имеет.

Другие увлекаются терминотворчеством. Сколько одних сфер изготовлено, сколько древнегреческих корней потревожено в могилах: эпигено, эпигео, биогено, биогео, фитогео, симми, ламба... Сибирские географы сейчас выражаются примерно так: "Интеграция природных регионов

методом комплексной ординации на полигон-трансекте микрогеохоры позволяет выявить их инвариантную структуру". Я предоставляю читателю заняться переводом на русский язык этой фразы. Присутствуя на 5-м совещании географов Сибири и Дальнего Востока, я временами остро ощущал отсутствие сибирско-русского словаря. Хотя могут гордиться тем, что сам догадался, что "эшантилонаж" значит "выбор ключевых участков".

Я не против новых терминов. Когда в науке возникает новое понятие, приходится давать ему новый термин. При этом желательно поискать среди русских народных слов. Если нет ничего подходящего, может быть, удастся найти среди давно адаптированных иностранных слов и уж в крайнем случае воспользоваться новым словом. Но зачем нужен "полигон-трансект", когда есть точный термин "разрез" (означающий буквально то же самое) и, кроме того, хотя не русский, но всем известный термин "профиль" – это можно объяснить только желанием блеснуть знанием иностранных языков.

Иногда ученый, изобретя новый, может быть, очень хороший метод, считает нужным создать для него особую науку. Так родилась морфология, а затем топология ландшафта, причем ни в той, ни в другой нет никакой надобности, все содержание их может развиваться в пределах старого ландшафтоведения.

Очевидно, создание на бумаге новых наук – дело очень заманчивое, потому что ему поддались в высшей степени уважаемые ученые. Один из них, мечтая о будущем географии, выводит из нее антропопсихологию, натурсоциологию, геокосмологию и многое другое. Второй, едва успев зафиксировать существование общей географии, нашел в ней 16 дочерних наук. Третий, отметив существование пяти компонетов ландшафта, предложил для их изучения 31 науку, из них только десять существующих.

Это не такое безобидное занятие, как кажется. Оно способствует безудержной дифференциации, т.е. расползанию географии на "удельные княжества", и противоречит интеграции знаний в составе фундаментальной науки – географии, за что все упомянутые ученые ратуют.

Точно так же два весьма уважаемых экономико-географа, следуя за В. Бунге, проповедующим изучение "закономерности абстрактного пространства", проводят идею создания теоретической географии, прося не смешивать ее с теорией географии. Мне представляется, что это просто игра слов, а что касается теории географии, то она должна быть не вне, а внутри географии, должна пронизывать все ее разделы, подобно нервной системе. Не удовлетворяясь одним зонтиком, они нахлобучивают на географию еще и второй – метагеографию, функция которой, очевидно, будет состоять в том, чтобы разбираться в вопросе, чем должна заниматься география. Как будто это не дело самой географии!

На некоторых ученых, увлекающихся модой, чарующее впечатление производят такие термины, как "биогеоценоз", "экосистема", "моделирование", "системный подход" и пр. Им кажется, что они нашли то слово, которое им, наконец, откроет все тайны природы. Это все полезные понятия, плохо то, что ими пользуются до точного определения их смысла и преувеличивают их значение. Доходит до того, что, например,

увлечение экосистемами имеет тенденцию развиваться в ущерб изучению неорганической части природы.

Другое ошибочное увлечение состоит в формулировке географических аксиом или законов; их родоначальником является немецкий ученый Э. Нееф, аксиомы которого сводятся к тавтологиям. Тем не менее один ведущий советский географ дал длинный свод географических закономерностей, из которых бóльшая часть является просто опытными фактами, такими же, как факт, что Земля кругла. Это вытекает из ошибочного представления, что авторитет науки зависит от того, имеет ли она или не имеет собственные законы. А дело совсем не в этом.

Таким образом, досадно, что при громадном количестве новых нужных и серьезных дел усилия и время ряда географов расходуются на формальные наукообразные работы или непродуманно тратятся на "удары по касательной" к поверхности нашей науки. Это способствует засекречиванию, эзотеричности географии, уменьшает количество людей, понимающих ее основные идеи, и создает разобщение не только между учеными и широкими кругами интересующихся географией, но и между школами самих географов.

НЕСКОЛЬКО СЛОВ В ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ретроспективный сборник работ Д.Л. Арманда отражает, хотя и далеко не полностью, широту географических интересов автора. Во включенных в него статьях речь идет о состоянии и перспективах развития географии, об острых вопросах теории науки о ландшафте, о применении математических методов. На примере расчета лесных полос показано использование математики для профессионально-географического решения крупных народнохозяйственных задач.

Отчетливо прослеживается и другая сторона научного творчества Д.Л. Арманда: настойчивое стремление свести географию с чисто академических высот, сделать ее инструментом рационального использования природных ресурсов на пользу людей. В этом отношении особенно характерна статья о проектировании защитных лесных насаждений, посвященная по существу научному обоснованию плана радикального улучшения природы степной зоны. Для автора типична такая степень проработки научных выводов, при которой использование результатов теоретических изысканий становится доступным землеустроителю или агроному.

Большое место на страницах сборника уделено проблеме охраны природы. В посвященных ей статьях проявляется характерный для научной деятельности Д.Л. Арманда конструктивный подход к проблеме взаимоотношения человека со средой. Одним из первых он сформулировал принцип: не просто охрана природной среды, а синтез ее охраны с рациональным использованием природных ресурсов.

Д.Л. Арманд остро ощущал недоработанность многих важных разделов географической науки, что подчас делало ее неспособной дать обоснованный ответ на актуальные запросы практики. Эта неудовлетворенность привела к появлению нового разработанного им научного направления — физики ландшафтов. С обоснованием теоретической и практической значимости этого раздела географии читатель также может познакомиться на страницах настоящего сборника.

Образцом строгой логичности и обоснованности рассуждений, отличавших научные высказывания Д.Л. Арманда, может служить статья, посвященная разбору теоретических взглядов академика А.А. Григорьева. Причем характерно, что анализ чужих представлений — не самоцель для автора, а скорее повод для развертывания цепочки собственных мыслей по затронутой теме. И можно думать, что они не утратили за прошедшее время своего значения для теории географической науки.

Горячим желанием превратить географию в науку, современную по уровню знаний и наступательную по характеру, продиктована последняя статья сборника. В ней Д.Л. Арманд с иронией пишет о творцах псевдонаучных сочинений, изобретателях непонятных терминов, прикрывающих, как правило, полную бесплодность таких работ. По этому поводу он писал в монографии "Наука о ландшафте" (1975, с. 3): "Применение новых методов, в частности математических, сильно продвинулось вперед. В связи с этим у некоторых исследователей проявились признаки научного снобизма. Они пишут сложно и, кажется, получают удовольствие от того, что их никто не понимает. Иногда их статьи бывают похожи на упражнения по математике. В то же время нельзя понять, какой вклад они вносят в содержательную географию". Собственные труды Д.Л. Арманда – образец прямо противоположного качества научной работы.

Ознакомление с материалами настоящего сборника позволит читателю ближе познакомиться с творчеством и идеями Д.Л. Арманда – выдающегося советского географа и вникнуть в предлагаемые им решения ряда задач, актуальность которых еще больше возросла в наши дни.

Э.М. Мурзаев

ЛИТЕРАТУРА

Абрамович Д.И. Элементы режима речного стока в зависимости от соотношения тепла и влаги. – Пробл. физ. географии, 1948, вып. 13.

Агролесомелиорация. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Сельхозгиз, 1948.

Александрова Т.Д. Опыт применения перфокарт с краевой перфорацией в ландшафтных исследованиях. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964, № 6.

Алексеев Г.А. Динамика инфильтрации дождевой воды в почву. – Тр. ГТИ, 1948, вып. 6 (60).

Арманд А.Д. Обратная связь и саморазвитие рельефа. – Вопр. географии, 1963, сб. 63.

Арманд Д.Л. Грозные силы. М.; Л.: Детгиз, 1940.

Арманд. Д.Л Как измерили Землю. М.; Л.: Детгиз, 1941.

Арманд Д.Л. Румыния: Физ.-геогр. описание. М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1946.

Арманд Д.Л. Основы метода балансов в физической геогрфии. – Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1947, т. 79, вып. 6.

Арманд Д.Л. Остров Хоккайдо: Физ.-геогр. описание. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1947б.

Арманд Д.Л. О роли точных наук в физической географии. – Вопр. географии, 1948а, сб. 9.

Арманд Д.Л. Обзор экспериментальных методов в геоморфологии. – Пробл. физ. географии, 1948б, вып. 13.

Арманд Д.Л. Обзор экспериментальных и математических методов, применяемых в геоморфологии. – В кн.: Труды 20-го Всесоюз. геогр. съезда, 1948в, т.2.

Арманд Д.Л. Задачи географов в связи с планом переделки природы степей. – Вопр. географии, 1949а, сб. 13.

Арманд Д.Л. Опыт математического анализа связи между типами растительности и климатом. – Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1949б, вып. 3.

Арманд Д.Л. Функциональные и корреляционные связи в физической географии. – Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1949в, вып. 1.

Арманд Д.Л. Изучение геоморфологических процессов экспериментальным методом. – Тр. Ин-та геогр. АН СССР, 1950, т. 47, Материалы по геоморфол. и палеогеогр. СССР, вып. 4.

Арманд Д.Л. Стационары по полезащитному лесоразведению. – Вестн. АН СССР, 1951, № 9.

Арманд Д.Л. Китай: Пирода. – БСЭ. 2-е изд., 1953, т. 21.

Арманд Д.Л. Физическая сущность ветроломного действия лесных полос. – Природа, 1954, № 1.

Арманд Д.Л. Естественный эрозионный процесс. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1955а, № 6.

Арманд Д.Л. Историческое прошлое современной природы лесостепных и степных районов и его значение в развитии засух и эрозии. – В кн.: Значение научных идей В.В. Докучаева для борьбы с засухой и эрозией в лесостепных и степных районах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955б.

Арманд Д.Л. О необходимых мероприятиях в области механизации сельского хозяйства эродированных районов. – Машинно-тракторная станция, 1955в, № 11.

Арманд Д.Л. Программа Докучаева в области борьбы с эрозией и ее современное значение. – В кн.: Значение научных идей В.В. Докучаева для борьбы с засухой и эрозией в лесостепных и степных районах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955г.

Арманд Д.Л. Размещение лесных полос в условиях крупного механизированного хозяйства. – Сообщ. Ин-та леса АН СССР, 1955 д, вып. 5.

Арманд Д.Л. Антропогенные эрозионные процессы. – В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М.: Изд-во АН СССР, 1956.

Арманд Д.Л. Методы географических исследований. – В кн.: Краткая географическая энциклопедия, 1961а, т. 2.

Арманд Д.Л. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. М.: Изд-во АН СССР, 1961б.

Арманд Д.Л. Геофизика ландшафта. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964, № 2.

Арманд Д.Л. Нам и внукам. М.: Мысль, 1964; То же. 2-е изд., доп. М., 1966.

Арманд Д.Л. Некоторые задачи и методы физики ландшафтов. – В кн.: Геофизика ландшафта. М.: Наука, 1967.

Арманд Д.Л. Владимир Ильич Ленин и природа. – В кн.: Ветер странствий. М.: Физкультура и спорт, 1970, вып. 5.

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975.

Арманд Д.Л., Добрынин Б.Ф., Ефремов Ю.К. и др. Зарубежная Азия. М.: Учпедгиз, 1956.

Арчер С., Банч К. Луга и пастбища Америки. М.: Изд-во иностр. лит., 1955.

Берг Л.С. Фации, географические аспекты и географические зоны. – Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1945, т. 77, вып. 3.

Берлянд Т.Г. Радиационный и тепловой баланс Европейской территориии СССР. – Тр. Глав. геофиз. обсерватории, 1948, вып. 10 (72).

Богданов Б. Охрана и экономика. – Экономика сел. хоз-ва, 1970, № 2.

Бороба с эрозией почв в СССР: Материалы 1-го Всесоюз. совещ. по борьбе с эрозией почв, 4–7 марта 1936 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Будыко М.И. К теории испарения с почвы, покрытой растительностью. – Тр. НИУ ГУГМС. Сер. 1, Метеорология, 1946, вып. 34.

Будыко М.И. О водном и тепловом балансах поверхности суши. – Метеорология и гидрология, 1947, № 5.

Будыко М.И. Испарение в естественных условиях. Л.: Гидрометеоиздат, 1948.

Будыко М.И. Климатические условия увлажнения на материках. Сообщ. 1. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1955, № 2.

Будыко М.И. Полярные льды и климат. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1962, № 6.

Букштынов А.Д. МТС и полезащитное лесоразведение. – Машинно-тракторная станция, 1955, № 10.

Букштынов А.Д. Лесные ресурсы СССР и мира. М.: М-во сел. хоз-ва СССР, 1959.

Буштуева К.А., Глебова Л.Ф., Измеров Н.Ф. и др. Руководство по гигиене атмосферного воздуха. М.: Медицина, 1976.

Буштуева К., Муравьева Г. Гигиена жилых массивов. – Известия, 1967, 28 мая.

Великанов М.А. Водный баланс суши. М.: Гидрометеоиздат, 1940.

Великанов М.А. Динамика русловых потоков. Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1946.

Великанов М.А. Проблема формирования речного русла. – Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1947, т. 11, вып. 4.

канов М.А. Гидрология суши. 4-е изд. Л.: Гидрометеоиздат, 1948.

Великанов М.А. Композиционный метод предвычисления пиковых расходов снегового половодья. – Метеорология и гидрология, 1949, № 1.

Виленский Д.Г. Свойства почв, определяющие податливость их эрозии и методы исследования этих свойств. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Волин А.В. Твердый сток и скорость эрозии. – Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1946, т. 9, вып. 5.

Волобуев В.Р. О почвенно-климатических ареалах. – Почвоведение, 1945, № 1.

Волобуев В.Р. О фитоклиматических закономерностях. – Ботан. журн. СССР, 1947, т. 32, № 5.

Волобуев В.Р. Почвенно-и фитоклиматические ареалы. – Тр. Почв. ин-та АН СССР, 1948, т. 27.

Вопросы гигиены населенных мест, 1966, т. 6. Вопросы коммунальной гигиены. Киев.

Высоцкий Г.Н. Природные растительные условия и результаты лесоразведения на Ергенях Астраханской губ.: (Отчет о командировке). – В кн.: Ежегодник Лесн. департ. за 1913 г. Пг, 1915, т. 1.

Высоцкий Г.Н. Водоразделы и увлажнение степей. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937.

Высоцкий Г.Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. М.: Гос. лесотехн. изд-во, 1938.

Высоцкий Г.Н. Гидромелиорация нашей равнины главным образом с помощью леса. – Почвоведение, 1939, № 1.

Генкель П.А. Устойчивость растений к засухе и пути ее повышения. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. (Тр. Ин-та физиол. растений; Т. 5; Вып. 1).

Герасимов И.П. Овраги и балки (суходолы) степной полосы. – Пробл. физ. географии, 1950, вып. 15.

Горшенин Н.М. Испарение снега в полезащитных лесных полосах и на межполосовых пространствах. – Метеорология и гидрология, 1948, № 4.

Григорьев А.А. Закон интенсивности физико-географического процесса. – Изв. Всесоюз. геогр. об-ва, 1943, т. 75, вып. 1.

Григорьев А.А. Некоторые итоги разработки новых идей в физической географии. – Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1946а, т. 10, вып. 2.

Григорьев А.А. О географических радиационных рубежах и характеристиках радиационных условий горизонтальных зон. – Пробл. физ. географии, 1946б, вып. 12.

Григорьев А.А. Субарктика: Опыт характеристик основных типов физико-географической среды. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946в.

Григорьев А.А. Географическая зональность и некоторые ее закономерности. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1954, №5/6.

Григорьев А.А. О некоторых основных проблемах физической географии. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1957, № 6.

Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности. – Докл. АН СССР, 1956, т. 110, № 1.

Гупанова Л.И. На очереди создание культурных лесных ландшафтов. – Вопр. географии Дальнего Востока, 1965, сб. 7.

Гуссак В.Б. Опытное террасирование в совхозе Мухаэстате. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Гуссак В.Б. Прибор для ускоренного определения эродируемости почв и некоторые результаты его применения. – Почвоведение, 1946, № 8.

Гуссак В.Б. Некоторые наблюдения над эрозией почв в пограничном слое с помощью микрокиносъемки. – Почвоведение, 1948, № 7.

Дарлингтон В.Ф. Воздействие человека на биосферу. – В кн.: Использование и охрана природных ресурсов. М.: Прогресс, 1972.

Докучаев В.В. Способы образования речных долин Европейской России. СПб., 1879; То же. Избр. соч., М.: Сельхозгиз, 1949. Т.2.

Докучаев В.В. Учение о зонах природы. М.: Географгиз, 1948.

Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. М.: Госполитиздат, 1971.

Ефремов В.И. Сходство и различие в форме, строении и способе образования оврагов, балок и речных долин. – Тр. Об-ва испыт. природы при Харьк. ун-те, 1890, т. 23.

Ефремов Ю.К. Рыцарь природы. – Знание – сила, 1979, № 7.

Забелин И.М. Физическая география и наука будущего. М.: Географгиз, 1963.

Занин Г.В. О причинах овражности приречных районов. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1951, № 3.

Занин Г.В. Эрозионные формы рельефа, создаваемые временными водотоками и принципы их лесомелиорации. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1952, № 6.

Земельные ресурсы и лесные ресурсы СССР. М., 1965. (Итоги науки. География СССР; Вып. 1).

Иванов Л.А. Об оценке испарения древесных пород. – Лесн. журн., 1916, т. 46, № 2.

Иванов Л.А. Транспирационная способность листьев древесных пород. – В кн.: Президенту АН СССР В.Л. Комарову. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939.

Иванов Л.А. Свет и влага в жизни наших древесных пород. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946.

Иванов Н.Н. Ландшафтно-климатические зоны земного шара. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. (Зап. Геогр. об-ва СССР. Н.С.; Т.1).

Кайялайнен В.И., Дробышевская Н.В., Висленев А.Б. Некоторые данные о скорости отступания берегов южной части Мезенского залива Белого моря. – Тр. Гидропроекта, 1973, № 38.

Калитин Н.Н. Актинометрия. Л.: М.: Гидрометеоиздат, 1938.

Калитин Н.Н. Суммы тепла солнечной радиации на территории СССР. – Природа, 1945, № 2.

Келлер Б.А. Главные типы и основные закономерности в растительности СССР. – В кн.: Растительность СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938, т. 1.

Кесь А.С. Основные стадии развития современного овражно-эрозионного рельефа. – Пробл. физ. географии, 1950, вып. 15.

Киприянов В.А. Заметки о распространении оврагов в Южной России. – Журн. Главн. упр. путей сообщений, 1857, т. 26, кн. 4.

Клешнин А.Ф. Растение и солнечная энергия. – Наука и жизнь, 1947, № 6.

Климатические данные для государственных защитных лесных полос. Л.: Гидрометеоиздат, 1950.

Козменко А.С. Провальные, оползневые и эрозионные образования северо-восточной части Новосильского уезда Тульской губернии. – Землеведение, 1909, кн. 3, 4.

Козменко А.С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Козменко А.С. Борьба с эрозией почв. М.; Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. (Тр. ВНИАЛМИ; Вып. 9); То же. Перераб. изд. М.: Сельхозгиз, 1954.

Копанев В. Кукуруза в Чебулгинском колхозе. Новосибирск: Кн. изд-во, 1954.

Копанев И.Д. Снегоотложение у лесных полос разной концентрации. – Лесн. хоз-во, 1954, № 12.

Краснов А.Н. Основы землеведения. Харьков, 1895–1899, вып. 1–4.

Крейнин Г.С. Курс статистики в кратком изложении. М.: Госпланиздат, 1946.

Лазарев Н.В. Определение, задачи и методика геогигиены. – В кн.: Введение в геогигиену. М.: Л.: Наука, 1966.

Ларин И.В. Пастбищеоборот: Система использования пастбищ и ухода за ними. М.; Л.: Сельхозгиз, 1955.

Ласкарев В.Д. Общая геологическая карта Европейской России. Лист. 17. СПб, 1914. (Тр. Геол. ком-та; Вып.77).

Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936.

Леваковский И.Ф. Воды России по отношению к ее населению. – Тр. Об-ва испыт. природы при Харьк. ун-те, 1889, 1890, т. 23, 24.

Лидов В.П., Дик Н.Е., Николаевская Е.М., Хмелева Н.В. К вопросу о методике комплексных географических исследований и методике специального картографирования территорий. – Вопр. географии, 1950, сб. 23.

Лидов В.П., Дик Н.Е., Николаевская Е.И. и др. Классификация современных линейных форм эрозии. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1954, № 3.

Лопатин В.Д. Перспективы повышения урожайности растений путем кислородной мелиорации обводненных почв без удаления воды. – Ботан. журн., 1959, т. 44, № 11.

Львович М.И. Гидрометеорологическое действие лесных полос и принципы их размещения на полях колхозов и совхозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1950.

Львович М.И. Влияние обработки почвы на сток. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1954а, № 5.

Львович М.И. Регулирование водного баланса орошаемых полей при помощи лесонасаждений как средство уменьшения норм орошения. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1954б, № 2.

Львович М.И. Человек и вода: Преобразование водного баланса и речного стока. М.: Географгиз, 1963.

Львович М.И. Водный баланс СССР и его преобразование: (Основы, аспекты коллективной монографии, подготовленной Ин-том географии к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции). – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1967, № 5.

Львович М.И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974.

Лященко С. Земля и город. – Лит. газ., 1967, № 31.

Максимов Н.А. Развитие учения о водном режиме и засухоустойчивости растений от Тимирязева до наших дней. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944.

Мальцев Т.С. Вопросы землеведения. М.: Сельхозгиз, 1955.

Масальский В.И. Овраги черноземной полосы России, их распространение, развитие и деятельность. СПб., 1897.

Мельниченко А.Н. Полезащитные лесные полосы степного Заволжья и воздействие их на размножение животных, полезных и вредных для сельского хозяйства. М.: Изд-во МОИП, 1949.

Молчанов А.А. Лес и климат. М.: Изд-во АН СССР, 1961.

Мушкетов И.В. Физическая геология. Т. 2. 3-е изд. СПб., 1926; 4-е изд. М.: Л., 1935.

Наумов Н.П. Экология животных. М.: Сов. наука, 1955.

Никитин П.Д. Автомат – бороздователь для накопления и задержания весенних вод на зяби и парах. – Лесн. хозво, 1949, № 10.

Никитин П.Д. Защитное лесоразведение – средство борьбы с ветровой и водной эрозией почв. М.: Сельхозгиз, 1963.

Никитин С.А. Лесорастительные условия государственной защитной лесной полосы, гора Вишневая–Чкалов–Уральск–Каспийское море. – Лес и степь, 1949, № 8.

Никитин С.Н. Общая геологическая карта России. Лист 56. (Объяснит. зап.). СПб., 1884. (Тр. Геол. ком-та; Т. 1, № 2).

Окороков Н.И. Землеустройство и механизация сельского хозяйства. М.: Сельхозгиз, 1954.

Охрана и рациональное использование ресурсов дикой живой природы. – В кн.: Материалы науч.-метод. конф. 18–22 апр. 1966 г. Алма-Ата, 1966.

Панков А.М. Нормальная денудация и эрозия почв. – В кн.: Эрозия почв. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937.

Паписов В. Вода бежит сквозь пальцы. – Известия, 1968, 6 февр.

Парсон Р. Природа предъявляет счет: (Охрана природных ресурсов в США). М.: Прогресс, 1969.

Полезащитные лесные полосы/Под ред. Н.И. Сус. М.: Гослестехиздат, 1936. (Опыты и исследования ВНИАЛМИ; Вып. 6).

Полезащитные лесные полосы / Под ред. И.Ф. Сорокина. М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. (Тр. ВНИАЛМИ; Вып. 8).

Поплавская Г.И. Экология растений. М.: Сов. наука, 1948.

Природа Орловского края /Под ред. В.Н. Хитрово. Орел, 1925.

Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Районирование территории СССР по основным факторам эрозии/Под ред. Д.Л. Арманда. М.: Наука, 1965.

Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипин Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956.

Рихтер Г.Д. Снежный покров, его формирование и свойства. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945.

Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. (Тр. Ин-та геогр.; Т. 40).

Рутковский В.И. Климатическая роль леса. – В кн.: Труды 2-го Всесоюз. геогр. съезда. М., 1948, т. 2.

Рыбкин С.И. Морфометрическая классификация рек. – Метеорология и гидрология, 1947, № 6.

Саваренский Ф.П. Эрозионные формы рельефа. – Геодезист, 1926, № 7–8, 9–10.

Сапетин Я.В. Охота на водоплавающих в центральных районах Европейской части СССР. – Тр. Окского гос. заповедника, 1967, вып. 7.

Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М.: Изд-во АН СССР, 1956.

Сельскохозяйственная эрозия и новые методы ее изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958.

Сидоренко А.В. Человек, техника, земля. М.: Недра, 1967.

Сильвестров С.И. Бороба с эрозией в системе правильной организации территории и хозяйства колхозов. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Сильвестров С.И. Эрозия и севообороты. М.: Сельхозгиз, 1949.

Сильвестров С.И. Процессы эрозии и дефляции почв на сельскохозяйственных землях и борьба с ними. – В кн.: Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. М.: Изд-во АН СССР, 1963.

Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948, т. 1.

Соболев С.С. Современное состояние и пути борьбы с эрозией почв. – В кн.: Материалы выездной сессии по вопросам земледелия и борьбы с эрозией почв в степных и лесостепных районах. М.: Мин-во сел. хоз-ва, 1958.

Солнцев Н.А. Основные этапы развития ландшафтоведения в нашей стране. – Вопр. географии, 1948, сб. 9.

Солнцев Н.А. О морфологии природного географического ландшафта. – Вопр. географии, 1949, сб. 16.

Степанов Н.Н. Лес как фактор защиты почвы от эрозии. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.: Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Струмилин С.Г. О цене "даровых благ" природы. – Вопр. экономики, 1967а, № 8.

Струмилин С.Г. Избранные произведения: История черной металлургии в СССР. М.: Наука, 1967б.

Сукачев В.Н. О соотношении понятий географический ландшафт и биогеоценоз. – Вопр. географии, 1949, сб. 16.

Сукачев В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии. – В кн.: Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964.

Троицкий В.А. Гидрологическое районирование СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. (Тр. Комис. по ест.-ист. районированию СССР; Т. 2; Вып. 3).

Труды Всесоюзного науч.-исслед. ин-та агролесомелиорации, 1947, вып. 19. Итоги работ за 1943–1944гг.

Фельдман Я.И. Исследования зависимости условий местной погоды от главнейших элементов подстилающей поверхности на равнине Европейской территории Союза: (Тезисы). – В кн.: Труды 2-го Всесоюз. геогр. съезда. М., 1948, т. 2.

Фидман Б.А. Применение высокоскоростной киносъемки к исследованию поля скоростей турбулентного потока. – Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1948а, т. 12, № 2.

Фидман Б.А. О влиянии шероховатости стенок на структуру турбулентного потока. – Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1948б, т. 12, № 3.

Фомин В. У водоемов есть дно. – Известия, 1968, 20 янв.

Харитонов Г.А. Лес как фактор защиты почв от эрозии и приемы противоэрозионной лесомелиорации. – В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938.

Холупяк К.Л. Овраги и перемещение русел рек. – Природа, 1953, № 3.

Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов/Пер. с англ. Д.Л. Арманда и В.А. Троицкого. М.: Изд-во иностр. лит., 1948.

Цинзерлинг В.В. Внутренний водооборот на Европейской равнине СССР и его водохозяйственное значение. – Докл. ЦИП, 1948, т. 2, вып. 7.

Шарц А.К. В.И. Ленин и вопросы охраны природы на Урале. – Тр. МОИП. Отд. геогр., 1966, т. 18.

Шенников А.П. Экология растений. М.: Сов. наука, 1950.

Шкредов Н.Я. Медико-географическая оценка некоторых природных факторов Украинских Карпат. – В кн.: Доклады и сообщения Львов. отдела Геогр. об-ва УССР за 1965 г. г. Львов, 1967.

Эрозия почв: Сб. статей Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937.

Юргенсон П. Размеры использования запасов дичи. – Охота и охотничье хоз-во, 1966, № 7.

Davis W.M. Die erklärende Beschreibung der Landformen. Leipzig; Berlin, 1924.

Duvigneaud P. et al. L'écologie Science moderne de synthèse, Vol. 2. Ecosystèmes et biosphère. Bruxelles. 1962.

Henin J. Pour soustraire l'humanité aux dangers, qui la menacent il faut resoudre des problémes de la conservation du sol. – Atomes, 1953, N 90.

Little J.M. Erosional topography and erosion: A mathematical treatement. San-Francisco, 1940.

Maurin Ch. Etude pratique des rayonnements solaires, atmosphériques et terrestres. Paris, 1937.

Mazur M. Cibernetikaj problemoj de la vivprocezo. – Scienca revuo, 1964, vol. 14a, N 3–4.

Odum E.P. Fundamentals of ecology. 2-d. Philadelphia; London, 1960.

Penck W. Die morphologische Analyse. Stuttgart, 1924.

Piery M. Traité de climatologie biologique et médicale. Paris, 1934.

Simpson G.C. The distribution of terrestrial radiation. – Memoirs of the R. Meteorol. Soc., 1929, vol. 3, N 23.

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора 3
Основные задачи в области рационального использования природных ресурсов 5
Задачи географов в связи с планом переделки природы степей 12
Естественный эрозионный процесс 56
Ускоренная антропогенная эрозия и дефляция 70
Методические основы проектирования защитных лесных насаждений на сельскохозяйственных угодьях 86
Изменение географической среды человеком 149
Общие вопросы охраны природы 161
О теории радиационных рубежей 185
О законе интенсивности физико-географического процесса 204
Некоторые задачи и методы физики ландшафта 211
Новизна истинная и формальная 225
Несколько слов в заключение 230
Литература 232

Давид Львович Арманд

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СРЕДА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Утверждено к печати Институтом географии АН СССР

Редактор издательства
Л.П. Ладычук

Художественный редактор
М.В. Версоцкая

Технические редакторы
Г.И. Астахова, Л.Н. Богданова

Корректор
О.А. Разуменко

ИБ № 27139

Подписано к печати 04.10.83. Т – 16462
Формат 60 × 90 1/16. Бумага для глубокой печати.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 15,0 + 0,1 вкл.
Усл. кр.-отт. 15,1. Уч.-изд.л 19,1
Тираж 2400 экз. Тип. зак. 724
Цена 2р. 40к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7
Москва, В-485, Профсоюзная ул., д. 90
Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ "НАУКА"
выходят из печати книги:

А г р а н а т Г.А. **Использование ресурсов и освоение территории Зарубежного Севера** 19 л. 3 р. 30 к.

Анализируются новые тенденции в хозяйственном освоении и заселении зарубежных северных районов, главным образом Аляски и Канадского Севера, за последние 10–15 лет. Выявляются глубокие противоречия и диспропорции колонизации Зарубежного Севера, вызванные социально-экономическими и политическими условиями современного капитализма. Вместе с тем делается попытка вычленения связанных с географическими условиями особенностей процесса освоения. На этой основе даются некоторые выводы и рекомендации теоретического, методического и практического характера.

Для экономистов, плановиков, географов, хозяйственников.

Ф е д о р о в и ч Б.А. **Динамика и закономерности рельефообразования пустынь** 20 л. 3 р. 40 к.

В книге анализируются сложные механизмы, формирующие рельеф в аридных условиях пустынь Средней Азии. Особое внимание уделяется вопросам динамики песчаного рельефа, зависимости его от режима ветров и других компонентов природной среды, а также закономерностям зональности эолового рельефообразования и связям современных форм рельефа с историей развития поверхности в палеогеографическом аспекте.

Для географов, геологов.

ЗАКАЗЫ ПРОСИМ НАПРАВЛЯТЬ ПО ОДНОМУ ИЗ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ АДРЕСОВ МАГАЗИНОВ «КНИГА – ПОЧТОЙ» «АКАДЕМКНИГА»

480091 Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97
370005 Баку, ул. Джапаридзе, 13
734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
252030 Киев, ул. Ленина, 42
443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7
117192 Москва, Мичуринский проспект, 12
630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22
620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
700029 Ташкент, ул. Ленина, 73
450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10
720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
310003 Харьков, ул. Чернышевского, 37

4029