

18  
H78Y

А. А. Крауклис

ПРОБЛЕМЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
ЛАНДШАФТО-  
ВЕДЕНИЯ



ИЗДАТЕЛЬСТВО АН УССР  
КИЕВ 1980



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А. А. Крауклис

# ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

Ответственный редактор  
академик В. Б. Сочава



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
Новосибирск · 1979



УДК 911.2:001

Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 233 с.

Экспериментальное ландшафтоведение — новое рабочее направление комплексной физической географии, развивающееся на стыке ландшафтного картографирования и районирования территории и специализированного изучения природы методами точных наук.

В монографии освещено содержание экспериментального подхода применительно к изучению геосистем на комплексных стационарах. Предложена концепция геосистемы как множества функционально связанных переменных состояний природного комплекса. Разработана модель ландшафта в виде системы факторально-динамических рядов фаций. На основе многолетних стационарных исследований автора проведен анализ сезонной ритмики совершающихся в тайге природных процессов. Показаны закономерности колебания состояния таежных геосистем, вызванные спонтанной динамикой биоты. Дан качественный и количественный анализ локальных географических структур. Рассмотрены перспективы и пути практического приложения экспериментально-ландшафтных работ для освоения тайги.

Книга представляет интерес для географов и экологов. Она может быть полезна для специалистов, решающих вопросы рационального использования природных ресурсов, охраны природы, районной планировки, а также при преподавании ландшафтоведения в вузах.

Табл. 19, ил. 30, библ. 344.

К 20902 — 756  
055(02) — 79 510.79.1905030000.

© Издательство «Наука», 1979.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы физическая география решительно встает на путь от наблюдений и визуальных обобщений к научно поставленным исследованиям в точно учитываемых условиях. Она разрабатывает и берет на вооружение новые методические подходы, основанные на применении современных инструментов, приборов и аппаратуры. Все это вызывает необходимость расширения стационарных географических работ — причем не только отраслевого характера, но и специально предназначенных для решения комплексных физико-географических проблем. Последние, к числу которых относится ландшафтоведение, довольно трудно поддаются экспериментальным исследованиям. Поэтому они еще не встали на твердую почву.

Тем не менее в этой области накопился некоторый опыт и постепенно формируется основной костяк исследователей. В частности, с начала 60-х годов энергично ведутся работы на физико-географических стационарах Сибири, в которых с первых лет активное участие принимает автор этой книги. Работая на одном из таежных стационаров, он приобрел большой методический опыт и имел возможность на конкретном материале продумать многие возникающие перед географом-экспериментатором теоретические вопросы. В результате была создана эта книга, названная «Проблемы экспериментального ландшафтоведения».

А. А. Крауклис поднял важные вопросы комплексной физической географии, связанные с постановкой ландшафтных исследований на экспериментальной основе и составляющие особое рабочее направление. Это направление преследует цель не только изучить видимые закономерности ландшафтной сферы, но и познать скрытые от невооруженного глаза ее особенности, в том числе динамического порядка.

Весьма ценно развиваемое в монографии понимание ландшафтной сферы как географической системы, в свою очередь представленной системами подчиненного порядка. Автор справедливо отдает дань «системному движению» и соответственно — учению о геосистемах как современному этапу ландшафт-



товедекия. Системный подход определяет особое значение моделирования подразделений ландшафта и необходимость использования при их изучении математических методов. Этой важной стороне в работе А. А. Крауклиса отведено значительное место.

В центре внимания автора — ландшафтная фация. Она рассматривается как элементарная геосистема, имеющая как эквивалентное, так и многие переменные состояния. В этом отношении подход автора к подразделениям ландшафта структурно-динамический.

Большое внимание уделено факторальным и динамическим рядам фаций, их сезонному ритму, пространственным связям природных процессов. Поучительно то, что в книге сообщает о приемах изучения геосистем на опытных участках и по полигонам-трансектам. Автор значительно обобщил метод комплексной ординации, показал новые возможности его совершенствования. Любопытна данная в монографии эколого-географическая оценка пихтового древостоя, который в рассматриваемом автором районе Сибири имеет ключевое значение для понимания природы южной тайги. Наконец, несомненный интерес представляет все сказанное о применении результатов стационарных ландшафтных исследований на практике освоения тайги, рационального использования, охраны и улучшения среды обитания человека.

Исследования в природе автором велись в основном на топологическом уровне, где экспериментальный подход в первую очередь имеет теоретическое и практическое значение. Однако результаты таких исследований могут быть использованы и при решении региональных проблем. Кроме того, многое из выдвинутых в первой части работы общих положений имеет отношение к учению о геосистемах в целом.

В общем выполнена большая и весьма плодотворная работа, утверждающая эксперимент в ландшафтоведении, обогащающая его теорию. Она преемственно связана с лучшими традициями нашей отечественной науки, дает новые импульсы для дальнейшего развития географии.

*Академик В. СОЧАВА*

## ВВЕДЕНИЕ

Ландшафтоведение — комплексная ветвь физической географии, определившаяся в первой половине XX столетия. В своей основе это эмпирическая область. Но до сих пор она еще далека от тех конкретных наук, в которых эмпирическое начало возведено до принципа научно поставленного эксперимента как основного метода получения новых фактов и проверки истинности выводов. Однако научно-практические задачи, стоящие перед ландшафтной наукой, сложны и ответственны, по своей значимости они не уступают тем проблемам, которые решают точные науки.

Ландшафтоведение как синтетическая концепция окружающей человека природной среды (Исаченко, 1975) призвано быть одним из центральных звеньев при решении крупной, чрезвычайно многогранной задачи, которую можно отнести к числу «важнейших современных фундаментальных научных проблем» (Герасимов, Преображенский, 1976, с. 12). В новом Основном Законе нашей страны эта проблема сформулирована следующим образом:

«В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды»<sup>1</sup>. Непременное условие для выполнения такого требования — дальнейшее развитие и утверждение планомерного синтетического подхода к конкретным проблемам, выработка рассчитанных на долгосрочную перспективу комплексных программ, как это особо подчеркнуто в решениях XXV съезда КПСС и других директивных документах.

Отсюда понятно то пристрастие, с которым географы и представители смежных специальностей сегодня относятся к предмету и методике ландшафтных исследований. Здесь ос-

<sup>1</sup> Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических Республик. Статья 18.



тается немало противоречивого и нерешенного. И это касается в первую очередь принципиальных возможностей и конкретных путей совершенствования экспериментальной основы ландшафтоведения.

В последние годы внедрению методов точных наук в ландшафтную географию уделяется большое внимание. Однако мнения разных авторов о содержании и формах экспериментального подхода к решению ландшафтных задач не вполне однозначны.

Одну из существующих точек зрения особенно четко выразил Э. Нееф (1974, с. 86). Он полагает, что географии «вообще не дано проводить эксперименты проверка выводов обязательна. в то же время эмпирическая проверка выводов обязательна. Ее следует проводить в адекватной форме, которая должна разрабатываться путем дальнейшего совершенствования метода географического сравнения.

Большинство авторов, однако, сосредоточивают внимание на других направлениях поиска. Так, экспериментальное направление у многих географов ассоциируется с работой на стационарах, причем представление о стационарах и экспериментальных исследованиях фактически сливается в одно понятие. Это прослеживается, например, в работах И. П. Герасимова (1976), который в качестве собственно экспериментальных направлений выделяет геохимическое, геофизическое и биогеоценологическое изучение ландшафта.

Стационары в качестве своеобразных лабораторий в природе имеет в виду также В. Б. Сочава. Он обосновывает такое представление о сущности географического эксперимента: «К географии применима самая широкая трактовка понятия «эксперимент», обозначающая детальное изучение в природе географических явлений в точно учитываемых (в количественных показателях) условиях. Наблюдения за изменением в природе под влиянием какого-то фактора, регулируемого исследователем, — это один из возможных методов экспериментальной географии, использование которого во всех видах экспериментальных работ вовсе не обязательно» (Сочава, 1969б, с. 5). В программе таких работ наиболее актуальными он считает изучение природных режимов и моделирование первичных ячеек природной среды. Эксперимент, по мнению цитируемого автора, принадлежит к числу главных методов изучения геосистем.

Для уяснения сути дела, очевидно, нужно рассмотреть, что подразумевается в науке в целом под латинским словом *experimentum* (проба, опыт, практика, наглядный довод, основанное на опытах доказательство — см.: Дворецкий, 1976). Однако и тут «в высказываниях о смысле понятия «эксперимент» нет согласованности» и не содержится удовлетворительного ответа «на вопрос о том, как возможен научный эксперимент»

(Налимов, Голикова, 1976, с. 12). Более того, обсудив ряд таких высказываний, цитируемые авторы в книге, посвященной логическим основам планирования эксперимента, признают, что «лучше, может быть, вовсе не пытаться давать определения того, что есть эксперимент, полагая, что это понятие не поддается компактному определению. Смысл его может стать ясным только после того, как о нем будет много сказано» (с. 13).

Эксперимент как научный метод в естествознании определился в XVII—XVIII вв. Великий мыслитель — материалист эпохи Просвещения Д. Дидро писал: «Мы имеем три основных способа: наблюдение природы, рефлексию<sup>2</sup> и эксперимент. Наблюдение собирает факты; рефлексия их комбинирует; эксперимент испытывает результаты комбинаций. Наблюдение природы должно быть непрерывным, рефлексия глубокой и эксперимент точным» (Diderot, 1976, с. 38). Идеал он видел в гармоническом сочетании всех трех способов.

Коротко, но емко об эксперименте сказано в известной фразе Ж. Кьювье: «Наблюдатель слушает природу, экспериментатор вопрошает и принуждает ее разоблачиться» (цит. по Налимову, Голиковой, 1976, с. 11). Отсюда, однако, суть эксперимента часто сводят к тому, что исследователь «вопрошает» природу, активно воздействуя на ход изучаемых процессов в искусственно создаваемых или естественных условиях, меняемых по усмотрению экспериментатора.

Такого узкого понимания эксперимента склонны придерживаться также некоторые географы, например Д. Л. Арманд (1975). Все же ландшафтные объекты в целом мало подходят для этой формы исследования, на что справедливо указывает Э. Нееф.

Впрочем, подобные ограничения существуют и в точных науках. О них говорит, в частности, У. Р. Эшби (1964, с. 44), полагая при этом, что «принудительное изменение не является принципиально необходимым: экспериментатор просто ждет возникновения желаемого набора величин в ходе естественных изменений системы и принимает этот момент за «исходный». Такая стратегия, в сущности, положена в основу исследований полевых стационаров, которые, как отмечено выше, географы считают отвечающей специфике ландшафтных объектов базой проведения экспериментальных работ.

В целом в научной практике экспериментальный метод понимается широко. В одном из физических справочников дано следующее разъяснение: «Эксперимент — это планомерно проведенные научные испытания при равных, по мере надобности, условиях, по возможности обозримых, упрощающих (задачу) и воспроизводимых, устраняющих побочные влияния и позволяющих делать качественные и количественные выводы о хо-

<sup>2</sup> В данном случае — теоретическое осмысление.



де природных процессов... Принципиально каждый эксперимент может быть разделен на следующие три части: приготовление систем; собственно взаимодействие систем с другими физическими объектами; регистрация, т. е. измерение обусловленных взаимодействием изменений состояния изучаемых систем. Наблюдением часто называют завершающую эксперимент регистрацию» (Brockhaus ABC — Physik. T. 1, 1972, с. 436).

Основной смысл экспериментального метода может быть уточнен в сравнении с другими элементами научного исследования. С такой точки зрения внимание привлекает прежде всего дефиниция следующего типа: «Эксперимент есть проверка гипотез в контролируемых условиях» (McGraw-Hill Encyclopedia..., 1960, с. 143).

Из этой формулы следует, что главное в эксперименте — получить объективные данные, независимые от субъективных предположений. Таков смысл требований о точном учете и соблюдении условий опыта, воспроизводимости результатов и т. д. Однако важно еще и то, что наличие гипотезы — непереносимое условие для научной постановки эксперимента, ибо именно в форме гипотез формулируются задаваемые природе вопросы.

В этой связи важное значение для развития экспериментально-ландшафтных исследований имеет работа над созданием моделей геосистем (Преображенский, 1969; Richter, 1968; Топология..., 1970; Моделирование элементарных геосистем, 1975; Преображенский, Александрова, 1975; Александрова, 1977; и др.). Модели имеют очень широкую область применения. Но особый интерес они представляют для конкретного изучения геосистем в натуре, поскольку являются оптимальной формой представления подлежащих испытанию гипотез.

Гипотезы проверяются также другим способом — теоретическим, в основе которого — абстрактное мышление, имеющее дело с идеализированными объектами (исходными понятиями, математическими моделями и т. д.) (Швырев, 1976). В этом смысле эксперимент есть метод, противоположный теоретическому. Он основан на изучении частных случаев и проводится с реальными объектами в конкретных условиях. Однако, чтобы эксперимент мог проникнуть в суть частного случая, он должен опираться на определенную теоретическую базу. В таком контексте эксперимент выступает как «чувственно-предметная деятельность в науке, осуществляемая теоретически познанными средствами» (Философская энциклопедия, т. 5, 1970, с. 546).

Научный эксперимент служит проводником теоретического знания в практику, т. е. в активную деятельность общества. Собственно, и сам эксперимент есть часть практики. В этом

качестве он питает теорию фактами и вместе с тем оказывает критерием ее истинности. Поэтому «доброкачественный эксперимент является необходимым условием как для построения передовой теории, так и для получения практических результатов» (Капица, 1974, с. 96).

Сейчас идет быстрое развитие экспериментальной техники, совершенствуются и усложняются приборы, испытательные установки. Широко вовлекаются автоматические устройства, ЭВМ и многое другое. Очевидно, что в этом отношении равнение ландшафтной географии на развитые точные науки — совершенно обязательное условие для разработки и применения собственных экспериментальных методов.

Тем не менее, как бы ни было важно техническое совершенство эксперимента, оно не самоцель эксперимента. Из всего изложенного ясно, что эксперимент — это в конечном итоге получение новых фактических данных путем целенаправленной, планомерной активно-избирательной исследовательской работы с конкретными предметами и явлениями. Поиск и разработка такого подхода применительно к решению современных ландшафтно-географических проблем — задача экспериментального ландшафтоведения. Экспериментальный метод, как и любой другой, не существует сам по себе. Он зависит прежде всего от свойств предмета исследований. Поэтому замечание Э. Неефа об осуществлении эксперимента в адекватной форме должно быть одним из важнейших правил экспериментального ландшафтоведения.

Основной смысл и реальные возможности эксперимента во многом предопределены состоянием остальных областей данной научной дисциплины. Особенно тесно эксперимент связан с теорией. От зрелости теории зависит и возможная степень совершенства экспериментальных результатов. В свою очередь, последние становятся действительным достоянием науки, по мере того как они вписываются в практику.

Наконец, существенно и то, что внедрение эксперимента влечет за собой известную перестройку предмета исследований. Наглядным свидетельством этого может служить, например, развитие биологических наук в течение последнего столетия, в частности геоботаники (Сукачев, 1965; Марков, 1965; Карпов, 1969). То же касается комплексной физической географии.

Рассматривая перспективы применения экспериментального метода, географы до сих пор исходили преимущественно из того, в какой мере сущность ландшафтных объектов можно свести к категориям физики, химии, биологии, экологии. В настоящей работе автор стремится подойти к проблеме с точки зрения самого ландшафтоведения, специфически ландшафтно-географического понимания окружающей человека среды. Это, конечно, ни в коей мере не принижает значения физи-



ческого, химического и эколого-биологического изучения ландшафта. Эти направления должны разрабатываться еще энергичнее, чем прежде. Все же автор полагает, что экспериментальное ландшафтоведение по своему содержанию в конечном итоге должно быть не физико-химико-биологической отраслью, а именно ландшафтно-географической. Отсюда одной из центральных задач представляется поиск путей объединения обеих сторон эмпирической части ландшафтоведения в органическое целое.

Актуальность развития экспериментального ландшафтоведения в изложенном здесь направлении обусловлена двумя главными причинами — необходимостью существенно углубить комплексность ландшафтно-географической информации и решительно усилить ее способность к «опережающему отражению» (Анохин, 1962; Лисичкин, 1972). Сегодня синтетический подход к изучению и использованию земной природы в ее многогранных взаимоотношениях с обществом приобретает жизненно важное значение. Очевидно и то, что этот синтетический подход в географии должен быть поднят на качественно новый уровень. Традиционное ландшафтоведение не справляется с такой задачей. Но с нею не удастся справиться также и наметившимся специализированным экспериментальным отраслям. Необходима перестройка с учетом перспективы внедрения экспериментальных принципов ландшафтоведения в целом.

Другая причина заключается в том, что ландшафтоведение все больше привлекается к решению научных и практических задач, требующих прогностических выводов. К таким задачам относятся, в частности, разработки конкретных проектов оптимальной организации ландшафта, решения проблем улучшения и сохранения природной среды, не говоря уже о комплексном географическом прогнозировании. Это, по существу, новый для ландшафтной географии вид информации как по содержанию, так и по назначению. В отличие от прежних ландшафтно-географических описаний информация такого активного содержания и назначения требует применять и более активные, чем раньше, способы эмпирического познания.

Разработка экспериментальных основ ландшафтной науки с учетом изложенных здесь представлений — цель настоящего исследования. В таком широком объеме проблема фактически еще не ставилась ландшафтоведами, и пока, естественно, нельзя ответить на все относящиеся к делу вопросы.

Автором ставятся и решаются четыре проблемы, имеющие на данном этапе первостепенное значение.

1. Анализ предпосылок развития экспериментального подхода, сложившихся в процессе становления научного ландшафтоведения и создаваемых современными достижениями географической науки.

2. Разработка общей концепции экспериментального ландшафтоведения.

3. Обобщение эмпирических результатов, которые могут служить отправным пунктом для развития комплексных экспериментальных исследований природной среды на современной ландшафтно-географической основе.

4. Определение перспектив практического применения результатов экспериментального ландшафтоведения.

В основу работы положен личный опыт многолетних стационарных исследований автора. С учетом этого опыта принят также концептуальный анализ главнейших научных положений современного ландшафтоведения, имеющих наиболее непосредственное отношение к совершенствованию экспериментальной базы комплексной физической географии.

Автор стремился подойти к вовлеченному в рассмотрение множеству взглядов, во многом не совпадающих и даже противоречивых, как к единой системе. Главную цель он видел в том, чтобы, по возможности, выявить те основные линии, которые связывают представления разных ученых и помогают определить пути дальнейшего поиска, а также обнаружить недостающие звенья системы.



ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ  
И ЛАНДШАФТНЫЙ МЕТОД

Географы приложили много усилий к разработке на основе идеи ландшафта цельной научной концепции. В этом направлении достигнуты определенные успехи. Так, К. И. Геренчук, А. Г. Исаченко, Н. А. Солнцев (1975, с. 289) пишут, что «в 50—60-х годах... ландшафтоведение утвердило себя в качестве важнейшего раздела географии, ее ядра и методологического центра, способного объединить вокруг себя ее многочисленные отрасли».

В практике исследований идея ландшафта нашла воплощение в двух главных формах. Во-первых, в XX столетии в географической науке утвердилось самостоятельная ветвь — ландшафтоведение. Во-вторых, получил развитие и нашел отражение в разных отраслях географии и во многих смежных областях так называемый ландшафтный метод. Это во многом условное деление все же отражает два основных направления вращающегося ландшафтной науки в географию и ее использования в исследованиях окружающей человека среды.

В качестве особой самостоятельной дисциплины ландшафтоведение определилось на основе трактовки ландшафта как естественноисторической категории, как физико-географического единства. Это собственно подчеркивается словами: «природный географический комплекс», или «природный территориальный комплекс», обычно используемыми для обозначения объектов ландшафтоведения. В последнее время, однако, все чаще употребляется более короткое обозначение — «геосистема», предложенное В. Б. Сочавой.

То, что в литературе обычно именуется «широким ландшафтным подходом», также в основном применяется в науках природоведческого профиля, в частности в биогеографии, почвоведении, климатологии, геоморфологии и т. д. Сюда относятся осуществляемые ландшафтоведами или специалистами других областей изучение так называемых неполных, или частных, комплексов — почвенно-растительного, биоклиматического и т. п., специальный анализ какого-либо одного компонента (чаще всего растительности, почвы) на фоне многогранных связей со всеми остальными, индикационные иссле-

дования, в особенности связанные с дешифрированием аэрофотоснимков. Чаще всего в этих случаях с представлением о ландшафте ассоциируется не объект изучения, а вытекающий из этого представления метод исследования, весьма полезный для познания разных элементов окружающей среды, — как по отдельности, так в различных их комбинациях и сочетаниях.

Ландшафтные принципы сказываются, хотя и косвенным образом, на географическом изучении хозяйства и населения. Здесь, так же как в физической географии, они способствовали и способствуют развитию и утверждению синтетического «видения» изучаемых объектов и связанных с ними проблем. В частности, используемое экономико-географами понятие «территориальный производственный комплекс» можно рассматривать как методологический аналог понятия о природном географическом комплексе. То и другое в значительной мере является конкретизацией идеи географического ландшафта, но применительно к разным сферам действительности.

Последние полтора-два десятилетия — время больших перемен в географии. Прежде всего, они отмечены настойчивым стремлением углубить и расширить комплексное содержание географической информации. Это влечет за собой «возрождение географии ландшафтов» (Journaux e. a., 1976; Hägerstrand, 1976) на уровне требований эпохи научно-технической революции. Особенно сильно возрос интерес к изучению взаимодействия социально-экономических факторов с природной средой. Произошло значительное сближение с экологией. Большой размах получили математизация географического мышления, опыты моделирования географических объектов на системной основе, поиск путей совместной работы с представителями инженерно-технических наук и точных экспериментальных дисциплин. Все это внедряется в географическую науку с целью придать ей *прогнозное* содержание, существенно повысить *точность* и достоверность результатов, решительно влиться в сферу непосредственной *конструктивно-практической* деятельности — в первую очередь в области совершенствования взаимоотношений между обществом и окружающей человека средой.

Концепции и методические подходы, получившие развитие в истекшие годы, заметно сказались на ландшафтоведении как научной основе географического синтеза. Это подтверждает целый ряд обобщающих теоретических исследований, опубликованных у нас и за рубежом (Сочава, 1978; Демек, 1977; Исаченко, 1976; Schmidthusen, 1976; Leser, 1976; Einführung..., 1975; Арманд, 1975; Нееф, 1974; Топологические аспекты..., 1974; Преображенский, 1972; и др.).

Тем не менее новые течения во многом минуют ландшафтную географию. Разрабатываемое ландшафтоведами «ядро и методологический центр географии» остаются вне поля зрения



или же получают весьма скромную оценку во многих пионерных работах, особенно зарубежных (Бунге, 1967; Хаггет, 1968; Модели в географии, 1971; Chorley, Kennedy, 1971; Харвей, 1974).

Действительно, традиционные представления ландшафтоведения нередко оторваны от идеалов современной географии. Все же несомненно одно: проблема географического синтеза в век научно-технической революции не только не утратила актуальности, но стала одной из важнейших научно-практических задач.

Одно из важнейших направлений движения к достижению цели — развитие и утверждение ландшафтоведения как науки экспериментальной. Первейшая задача в этой области — систематическая эмпирическая проверка на ландшафтно-географической основе правомерности разных моделей синтетического рассмотрения природной среды и состоятельности лежащих в их основе гипотез, принципиальное обновление и пополнение конкретного знания ландшафта.

Как это уже подчеркнуто во введении, чтобы эксперимент мог проникнуть в сущность предмета, он должен опираться на определенную исходную концепцию. С такой точки зрения нужно выяснить по меньшей мере три следующих вопроса.

Во-первых, что представляет собой современная ландшафтно-географическая основа, на которой надлежит испытывать новые представления и традиционные взгляды. Во-вторых, как эта основа согласуется с главнейшими направлениями обновления комплексной физической географии. Наконец, в-третьих, каковы реальные предпосылки для развития ландшафтоведения как экспериментальной науки и какие конкретные задачи предстоит решить в этом направлении.

#### ПРЕДМЕТ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

Содержание ландшафтных исследований вытекает из понятия географической оболочки, которое разрабатывалось в трудах А. А. Григорьева (1966), С. В. Калесника (1955, 1970), Ф. Н. Милькова (1970а), Э. Неефа (1974), Д. Л. Арманды (1975) и многих других ученых. Здесь не будем специально останавливаться на этом исходном представлении физической географии. Отметим только, что оно трактует изучаемый объект как суть пограничное, контактное образование, как воплощение многогранных отношений между чрезвычайно разнородными проявлениями природы, генетически и функционально связанное с физической поверхностью нашей планеты. В дефинициях географической оболочки, как правило, указывается, что это место столкновения, сложного превращения и совместной деятельности многочисленных видов энергии, поступающих из космических и теллурических источни-

ков, область взаимопроникновения трех земных сфер — атмосферы, гидросферы и литосферы, средоточие живого и его взаимодействий с косной материей, окружающая человека природная среда, подверженная постоянно возрастающему влиянию общества.

Природные географические комплексы есть проявление географической оболочки на разных по пространственным масштабам участках земной поверхности (Исаченко, 1965; Нееф, 1974). Это отражение объективно присущих географической оболочке явлений интеграции и дифференциации. Первая из них ведет к взаимопроникновению и слиянию составных частей, вторая — к расщеплению, относительному обособлению каждой части и сохранению ею своего специфического качества. Обе тенденции взаимообусловлены, и их единство выражается в иерархии природных географических комплексов.

В ходе уточнения предмета ландшафтных исследований выдвинута концепция основной географической единицы, исходной таксономической ступени, за которой и следует сохранить обозначение «ландшафт» (Солнцев, 1949). Такое название теперь получил низший таксон физико-географического районирования, наименьший регион. При этом сама ландшафтная наука обычно квалифицируется как региональная физическая география (Исаченко, 1965; Григорьев, 1966; Марков, 1972; Нееф, 1974; Герасимов, 1976; и др.).

Наряду с тем исследование природных географических комплексов ведется также на основе представления о географической оболочке, взятой в целом как исходной ступени. Такой подход свойствен общему, или планетарному, землеведению (Калесник, 1970; Марков и др., 1973).

Определился и третий подход — топический, топологический или геотопологический (Neef, 1963; Сочава, 1967; Топологические аспекты..., 1974). Отправным пунктом этого направления является изучение самых элементарных ландшафтных единиц, своего рода «географических молекул» (Сочава, 1962) — выделов ландшафтных фаций (Сочава, 1963), биогеоценозов (Сукачев, 1945, 1949), или топов (Das Gesicht der Erde, 1975). Такое исследование природной среды представляется прежде всего как структурно-динамический фациальный анализ ландшафта (Крауклис, 1967).

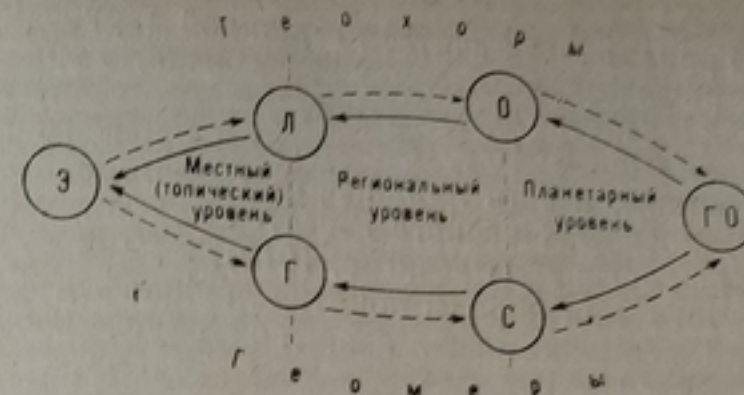
Региональный, планетарный и топологический подходы не взаимозаменяемы, поскольку они касаются географических закономерностей разного порядка (Крауклис, Михеев, 1965). Тем не менее все три географических уровня взаимосвязаны, и любой ландшафтный таксон может быть понят лишь с учетом всей иерархической системы (Сочава, 1963, 1967, 1974). Поэтому едва ли возможно дальнейшее развитие ландшафтоведения лишь как региональной физической географии. Ландшафтная наука должна решать проблемы географического



синтеза и шире, и глубже. Так, участники состоявшегося в 1971 г. Международного симпозиума пришли к заключению, что «в географии очень важно различать не менее трех категорий размерностей природной среды: планетарную, региональную и топологическую. В совокупности они являются объектом единого учения о геосистемах — ландшафтоведения (геосинэргетики) на современном этапе» (Резолюции симпозиума..., 1971, с. 64; Symposium «Topologie der Geosysteme»..., 1972, с. 128).

Двойственность предмета исследований фиксирована во взглядах также других авторов. Но она подмечена с разных точек зрения, что отчасти видно уже по терминологии. В частности, Н. А. Гвоздецкий (1961) различает типологические и региональные ландшафтные единицы, Шмитхюзен (Schmitthüsen, Netzel, 1962/1963) — синэргозы и синэргохоры, Герц (Herz, 1975) — компонентные системы и ареальные структуры, многие другие исследователи (например, Neef, 1962; Федина, 1973; Исаченко, 1975) — просто вертикальные и горизонтальные связи.

Одну ветвь, отражающую тенденцию к гомогенизации, В. Б. Сочава назвал иерархией геомеров (фации, группы и классы фаций, геомы и т. д.). Геомеры выявляются путем типологической генерализации компонентного содержания и систематизации межкомпонентных связей, наблюдаемых в пределах элементарных ареалов.



Узловые геосистемы: Э — элементарный ландшафтный ареал (выдел фации); Л — ландшафт; Г — геом.; О — ландшафтная область; С — тип природной среды; ГО — географическая оболочка. Стрелки, обозначающие сплошной линией, — ландшафтная дифференциация; прерывистой линией — интеграция.

Предмет ландшафтоведения, таким образом, можно фиксировать в виде двух дополняющих друг друга рядов таксономических единиц. Оба ряда сходятся на нижней ступени иерархии (элементарный ландшафтный ареал) и верхний (географическая оболочка в целом). В этом диапазоне как геохоры, так и геомеры представлены категориями топического, регионального и планетарного порядков (рис. 1).

Прежние исследователи, особенно зарубежные, при характеристике содержания ландшафта часто ограничивались описанием внешнего, морфологического облика всего «существующего» на местности. В частности, такое понимание ландшафта воплощено в работах Гране (Granö, 1929), который задачу «чистой географии» видит в изучении территориальных единиц как природных комплексов. Но его трактовка ландшафта больше напоминает художественное восприятие окружающей человека среды, чем собственно естественнонаучное исследование. Тем не менее она отражает известный этап в познании географического комплекса, опирающийся на традиции чистой описательной географии, не вникающий в скрытое от непосредственного наблюдения содержание рассматриваемых явлений.



Труды Гране нельзя считать вершиной зарубежной ландшафтно-географической мысли начала века. Гораздо ближе к этому работы Пассарге. Но и этот ученый писал в предисловии к завершающему тому своего обобщающего труда, что «то, что вы видим, и есть ландшафт» (Passarge, 1924, с. V). Кроме того, хотя З. Пассарге известен как автор «Физиологической морфологии» (Passarge, 1912), в конкретных работах упомянутого географа в понятие ландшафта фактически «не включена необходимость взаимной обусловленности его элементов» (Берг, 1931, с. 30).

Основоположник советского ландшафтоведения Л. С. Берг (1931, с. 29) считал, что учение о географических ландшафтах не должно ограничиваться в своем рассмотрении тем, что мы видим. Выяснение связей, которые соединяют отдельные элементы ландшафта, — основная задача учения о ландшафтах, а между тем эти связи «невидимы глазом». Истоками ландшафтоведения он считал идею В. В. Докучаева о необходимости особой науки о «тех многосложных и многообразных соотношениях и взаимодействиях, а равно и законах, управляющих вековыми изменениями их, которые существуют между так называемыми живой и мертвой природой...» (цит. по Докучаеву, 1951, с. 416), и созданное этим естествоиспытателем учение о естественноисторических зонах.

В центре внимания Л. С. Берга было изучение материального содержания ландшафта как «упорядоченного целого», выяснение «тех причинных связей и взаимоотношений, которые связывают отдельные элементы ландшафта друг с другом» (там же, с. 27). Ландшафтная география «должна понять и объяснить структуру и механизм ландшафта» (Берг, 1931, с. 6) — это положение остается в силе также сегодня и выражает основной смысл экспериментальных ландшафтных исследований.

Физиономическое восприятие ландшафта, однако, не утратило своего значения. Принципиально новый смысл оно приобрело в связи с развитием съемки с воздуха. Так, в свое время Тролль писал, что «в самой сущности изучения Земли с помощью аэрофотоснимков заложено то, что оно ведет разобщенно идущие отрасли науки опять к общей цели» — к единству наук о Земле, к совмещению в одно целое внешнего облика ландшафта с совершающимися в нем процессами (Troll, 1939, с. 268).

На самом деле, и у нас и за рубежом ландшафтоведение распространением и утверждением в качестве синтетической науки во многом обязано именно аэрофотосъемке. Еще более широкие перспективы совершенствованию и применению «ландшафтного видения» обещает разработка дистанционных методов изучения окружающей человека среды из космоса (Виноградов, 1976).

Внешние, физиономические признаки представляют интерес как индикаторы труднодоступных для наблюдения процессов и глубоко скрытых внутренних связей ландшафта. В таком смысле они являются предметом также наземных исследований — разных направлений так называемого индикационного ландшафтоведения (Индикационные географические исследования, 1970; Ландшафтная индикация..., 1976).

В последнее время визуальная сторона ландшафта все больше привлекает внимание также в связи с насущными практическими запросами архитектуры, градостроительства, дорожного строительства и др. Работа над проблемами изучения «зрительной функции» (Раман, 1975) ландшафта и его «культурного наряда» (Басаликас, 1976), безусловно, должна стать важной областью практического приложения ландшафтной науки.

### КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Совершенно очевидно, что «физиономическое» ландшафтоведение во всех отмеченных здесь и других случаях состоятельно лишь в той мере, в какой оно опирается на глубокое естественнонаучное изучение связей и взаимообусловленность явлений в природном комплексе. Собственно ландшафтное исследование заключается в поиске конкретного ответа на вопрос: что общее «сквозное» (Марков, 1972) связывает разнородные компоненты природы и отдельные части земной поверхности в цельную географическую систему.

Объединяющим началом является прежде всего то, что отдельные части ландшафта и сами ландшафты определенным образом локализованы и их связывают пространственные отношения. Поэтому Л. С. Берг (1931) писал, что «охарактеризовать и выделить какой-либо географический ландшафт можно лишь тогда, когда мы установим границы, отделяющие один ландшафт от другого». Отсюда «районирование, или разделение земной поверхности — всей или определенных частей ее — на естественные области, представляет собою одну из ближайших задач географии...» «Карта есть начало и конец географического изучения, описания и выделения ландшафта, ибо без карты географический ландшафт как бы висит в воздухе». Но вместе с тем основоположник теории ландшафта считал, что все же «карта есть лишь остов, скелет, тело и жизнь, которому дает описание ландшафтов» (Берг, 1931, с. 21—24).

Руководствуясь картографическим восприятием ландшафта, фактически и сформулировано большинство положений ландшафтной науки, а также конкретных методик исследования (Исаченко, 1961, 1965; Видина, 1962, 1973; Анненская и др.,



1963; Миллер, 1974; Жучкова, 1977). Этот подход позволил поставить общее ландшафтоведение на почву полевых исследований, наметить таксономическую систему ландшафтных единиц, разработать представления о их морфологии. Но он действительно дал только «остов» и «скелет» ландшафтного знания и то в недостаточно полном объеме.

Конечно, картографический метод как одна из главнейших форм очень важного для географии пространственного моделирования изучаемых объектов (Асланикашвили, 1974) не изжил себя. Совершенствование и углубление пространственного анализа занимает видное место в современном методическом поиске географов. В частности, это касается составления тематических карт с помощью ЭВМ, их сопряженного изучения на основе количественных критериев, математического моделирования пространственных форм географических явлений и процессов и многого другого.

#### УЧЕТ ВРЕМЕНИ

Проблема познания «тела и жизни ландшафта» не может быть удовлетворительно решена только на пространственной основе. Она требует рассмотрения совершающихся в геосистеме процессов также во времени.

Учет временного фактора в ландшафтоведении до сих пор ассоциируется главным образом с применением генетического принципа. Последний предполагает дать объяснение ландшафта и его границ на основе изучения истории становления природно-географических комплексов, путем выяснения связи настоящего с прошлым и с учетом тенденций дальнейшего развития. При этом объединяющим началом в ландшафте признается совместное развитие составных частей комплекса.

Все же приходится констатировать, что датировка возраста свойственной тому или иному комплексу системы взаимосвязей, эволюционное объяснение современных ландшафтных структур не получили надлежащего решения в конкретных исследованиях (Мамай, 1972; Николаев, 1976). Как недавно подчеркнул Ф. Н. Мильков (1976), многочисленные работы по ландшафтному делению территории фактически не содержат генетического анализа природных комплексов и остаются чисто «ареографическими».

Этот недостаток в значительной мере обусловлен тем, что ландшафтный метод доныне был преимущественно статическим. Так, А. Г. Исаченко (1974, с. 4) подсчитал, что с 1963 по 1973 г. в публикациях по теории и методике ландшафтоведения «в той или иной мере, прямо или косвенно, вопросы динамики затрагиваются менее чем в 10% источников».

Основная ветвь советской ландшафтной науки развивалась

под сильным влиянием концепции морфологии ландшафта (Солнцев, 1949). Последняя многими ландшафтоведами рассматривалась как «азбука ландшафтоведения» (Анненская и др., 1963, с. 11). А эта «азбука» учила ставить в основу ландшафтного анализа наиболее консервативные, застывшие черты природного комплекса. Она требовала, чтобы при выделении ландшафта внимание было обращено «в первую очередь на изучение его литогенной основы и на морфологическую структуру, которая определяется первой» (там же, с. 9).

По мнению Н. А. Солнцева (1963), взаимоотношения между компонентами ландшафта можно понять, если представить последовательность образования основных компонентов Земли. Влияние любого «старшего» компонента на «младший» всегда будет более мощным и определяющим, в то время как обратное влияние гораздо слабее и поверхностнее. Одним словом, наиболее «слабым» и зависимым является самый младший компонент, а самый старший — наиболее «сильным» и независимым. Отсюда, как подчеркивает упомянутый автор, в отношениях между компонентами существует односторонняя обусловленность, идущая от литогенной основы через воды и атмосферу к биоте.

Динамика — это изменение состояния геосистемы под воздействием внешних и внутренних сил. Проследить переход геосистемы из одного состояния в другое, выявить разнообразие свойственных ей переменных состояний, по возможности точно измерить факторы, вызывающие наблюдаемые изменения, — главнейшее требование динамического метода. Этот метод и должен быть основой экспериментального ландшафтоведения. Как свидетельствует опыт естествознания, динамическая трактовка изучаемых объектов — одно из важнейших условий эксперимента (Dingler, 1928).

При динамическом подходе к ландшафтному анализу на первый план, естественно, выдвигается наиболее изменчивая часть природного комплекса, как раз самые «молодые» и «слабые», по Н. А. Солнцеву, компоненты. Это направление исследований, в котором ландшафтные единицы выделяются, анализируются и классифицируются, руководствуясь прежде всего динамическими критериями, в 60-е годы получило название «структурно-динамическое ландшафтоведение» (Сочава, 1962, 1967). Впоследствии оно переросло в учение о геосистемах, ядро которого составляет трактовка объектов ландшафтоведения как особого класса открытых динамических систем (Сочава, 1978).

Вообще, хотя с идеей взаимодействия в той или иной мере всегда ассоциировалась главная задача научных ландшафтно-географических исследований, в рамках только самого ландшафтоведения она не могла найти должного конкретного понимания. Для этого нужна более общая методологическая



основа, которую дает междисциплинарный системный подход, интенсивно внедряющийся теперь также в комплексную физическую географию. Но, в свою очередь, и сама системная ориентация в ландшафтоведении стала актуальна прежде всего в связи с переходом его от статического морфологического описания изучаемых объектов к решению динамических задач, связанных с прогнозированием, оптимизацией природопользования, улучшением окружающей среды и т. п.

Прежде в представлениях ландшафтоведов изучение динамики нередко отождествлялось с исследованием генезиса ландшафта. Нет сомнения, динамический метод может и должен служить расшифровке условий происхождения, истории становления современных геосистем. Тем не менее динамика, как уточнили В. Б. Сочава (1967, 1974) и Э. Нееф (1974), не есть сама эволюция, а одно из ее движущих начал. При этом динамика не только движет эволюцией, но и удерживает последнюю на достигнутом этапе.

В. Б. Сочава ввел весьма существенное для понимания проблемы представление об инварианте геосистемы. Это — совокупность свойств, которые остаются постоянными при преобразовании геосистем той или иной категории. Эволюция отсюда представляется как необратимое изменение инварианта, а понимание динамики целесообразно ограничить движением переменных состояний в пределах одного инварианта (Сочава 1974).

Действительно, многочисленные переходы геосистемы из состояния в состояние, все множество преобразований ее строения и природных режимов (например, сезонные фазы, сукцессионные стадии, антропогенные модификации, перестройка под воздействием колебания активности Солнца и климатических флуктуаций и т. д.), фиксируемые при конкретных исследованиях динамики, большей частью выступают как способ сохранения, воспроизведения и восстановления основного генетического качества геосистемы, достигнутого на данном этапе истории географической оболочки. Более того, само это качество не может существовать вне таких динамических проявлений, поэтому о геосистеме как целостном образовании можно судить только на основе учета присущих ей временных вариаций (Крауклис, 1966).

Преобразования, о которых ведется речь, по своему характеру и направлению в значительной мере не согласуются с общим ходом эволюции, а нередко даже противоположны ему. Они связаны с «текущей жизнедеятельностью» геосистемы, или функционированием.

Различие между функционированием и эволюцией вполне определенно разъясняет современная философская литература. Так, И. В. Блауберг и Э. Г. Юдин (1973) пишут, что «направленность на динамику и на функционирование делает

необходимым привлечение временных характеристик... Но совершенно очевидно, что это не то историческое время, с которым имеет дело исследователь при анализе развития объекта, а особый тип времени, который можно было бы назвать временем функционирования» (с. 139). Смысл самого понятия функции М. И. Сетров (1972, с. 31) раскрывает следующим образом: «Функцию в ее системном понимании можно определить как такое отношение части к целому, при котором само существование или какой-либо вид проявления части обеспечивает какую-либо форму проявления целого». Иначе говоря, «текущая жизнедеятельность» есть выполнение элементами своих функций по отношению к геосистеме, сохранение инварианта последней в относительно изменчивых условиях.

Конкретного функционального изучения природного комплекса прежде ландшафтоведение, по сути дела, не проводило. Такие работы, например, как исследование экологических ниш, трофических цепей, составляли основную часть экологии, биогеоценологии. Отсюда в комплексной физической географии функциональный принцип нередко отождествляется с экологическим. Этому принципу большинство географов теперь придает основополагающую роль при рассмотрении ландшафтных объектов как систем.

Функциональное направление в разработке динамического метода вполне оправданно и актуально не только потому, что без проникновения в механизмы функционирования невозможно познать геосистему. Не менее существенно и другое обстоятельство. Те временные структуры, в которые укладывается функционирование, — мгновения с точки зрения «родословной» и «биографии» современных геосистем. Но, как об этом еще подробнее будет сказано в последующих главах, продолжительность периодов, на которые практически нужны реальные интегральные географические прогнозы, укладывается главным образом во время функционирования геосистем. Таким образом, и успех в решении прикладных задач сейчас в первую очередь зависит от результатов функционального исследования геосистем.

#### ВЗАИМОСВЯЗИ В ПРИРОДНОМ КОМПЛЕКСЕ

Ландшафтоведы обычно руководствуются правилом, утверждающим, что все составные части природного комплекса взаимосвязаны и взаимообусловлены. Отсюда вытекает, в частности, что в каждом компоненте отражаются свойства комплекса, взятого в целом. Собственно, в этом и заложена основная суть применяемого до сих пор ландшафтного метода.

Практически дело выглядит так. Одному или нескольким компонентам придается центральное значение. Разными способами изучается, как этот компонент (или компоненты)



воздействует на остальные части комплекса, а последние, в свою очередь, — на «центральные». В результате такого анализа выявляется несколько наиболее информативных конкретных признаков, по которым проводится ландшафтное деление территории, классификация комплексов, анализ их динамики и т. д.

Чаще всего в качестве «центрального» фактора выбирается так называемая литогенная основа, о чем уже говорилось выше. Далее, весьма плодотворными бывают те ландшафтные исследования, авторы которых, следуя Б. Б. Полюнову (1952, с. 363), полагают, что «почвенный покров, подобно чуткому зеркалу, должен отражать и свойства, и особенности ландшафта, и длительность того процесса взаимодействия между его элементами, который обуславливает его единство» (с. 363). Существенно обогатили ландшафтоведение работы, проводившиеся на основе представлений А. А. Григорьева (1960) и М. И. Будыко (1960) о ведущей роли соотношения тепла и влаги. И, конечно же, сами за себя говорят ландшафтные результаты, полученные с помощью «проецирования» природного комплекса на биоту как центральное звено, прежде всего на растительный покров. В целом едва ли найдется такой компонент, через который, умело пользуясь ландшафтным методом, нельзя было бы глубоко вникнуть в свойственную природному комплексу систему взаимосвязей.

Опыт показывает, что некоторая часть полученных разными способами результатов совпадает. Все же много и различий, причем иногда вплоть до противоречивости. Характерно, что иногда ландшафтные выводы трудно сравнивать по той причине, что в силу выбора неодинаковых компонентов в качестве «центральных» они, по сути дела, раскрывают совершенно разные стороны природного комплекса.

Многие ландшафтоведы полагают, что выбор «центрального» компонента не может быть произвольным, и стремятся подразделить ландшафтообразующие факторы на ведущие и менее значимые. Однако вопрос в общем виде до сих пор остался нерешенным. Ведущая роль отводилась всем вышеперечисленным компонентам. Особенно настойчиво она присваивалась геолого-геоморфологическому фактору. Все же сколько-нибудь бесспорных доводов в пользу какого-либо предложения не получено.

Можно предположить, что по мере углубленного изучения ландшафтообразующих функций различных элементов окружающей человека среды имеющиеся сейчас противоречия сгладятся. Этого же следует ожидать от развития разных индикационных направлений, которые постоянно расширяют возможности «прочитать» в том или ином компоненте весь ландшафт (Воронов, 1976; Викторов, Чикишев, 1976).

Тем не менее представляется, что проблема ведущего компонента в том виде, в котором она до сих пор обсуждается, едва ли может быть разрешимой по трем главным причинам.

Во-первых, разные компоненты в силу своей физической природы обладают неодинаковой «отражательной» способностью — причем не только в количественном, но и качественном смысле. Например, информация о геосистеме, которую дает изучение рельефа, по своему содержанию всегда будет отличаться от той, которую можно «прочитать» в населении животных.

Во-вторых, взаимообусловленность компонентов ландшафта не абсолютна, а лишь частична. Иначе говоря, ландшафтные связи принадлежат не к категории детерминированных, а вероятностных (Преображенский, 1972). Поэтому далеко не каждая существенная для данной геосистемы особенность отдельного компонента может быть объяснена воздействием того ведущего фактора, который такое название оправдывает по отношению к большинству других существенных свойств.

Наконец, в-третьих, придание тому или иному компоненту ведущей роли фактически влечет за собой сведение части к целому, т. е. редукцию. В известной степени это можно нейтрализовать рассмотрением геосистем разными взаимодополняющими друг друга способами.

Из сказанного вовсе не следует, что в ландшафтоведении неправомерно деление признаков на существенные и несущественные. Наоборот, это совершенно необходимое условие для исследования. Но сравнение ландшафтообразующей роли в отношении «больше — меньше» становится абстрактным, если вопрос рассматривается без учета того, о какой именно функции и каких конкретных условиях идет речь. Функциональный подход, как видим, здесь имеет решающее значение.

Вопрос о ведущем компоненте и трудностях объективного сравнения разных ландшафтообразующих факторов возник главным образом в связи с тем типом ландшафтных исследований, который можно назвать макроскопическим. Он в значительной мере отпадает при микроскопическом подходе.

Разнородные составляющие геосистемы обособлены друг от друга как макрообразования. Их объединяют и делают сравнимыми процессы, протекающие на микроуровнях структурной организации природы. Геохимия ландшафта может служить хорошим примером постижения географической целостности через изучение атомарно-молекулярного строения вещества как материального носителя связи между элементами окружающей среды (Полюнов, 1956; Перельман, 1975; Глазовская, 1964; 1976).

Микроподходами, по существу, являются также опыты познания единства географического комплекса через процессы тепло- и влагообмена. Развитию этого подхода особенно



способствовали работы А. А. Григорьева (1966), на основе которых впоследствии выдвинута так называемая геофизика ландшафта (Арманд, 1967; Дьяконов, 1975; Беручашвили и др., 1976). То же можно сказать о биолого-экологическом подходе. Его развитие в нашей стране особенно тесно связано с именами Г. Ф. Морозова (1928), В. И. Вернадского (1926), Л. Г. Раменского (1938), В. Н. Сукачева (Основы..., 1964).

«Микроскопическое» изучение ландшафта — чрезвычайно плодотворный путь перерастания физической географии в экспериментальную науку. На этот путь уже в 20—30-е годы ориентировал исследователей А. А. Григорьев, а теперь он стал одним из магистральных направлений в работе над комплексными проблемами окружающей среды. Все же сведение разнородных компонентов и всего целого к какому-либо одному уровню влечет за собой абстрагирование от специфического качества отдельных составляющих и всего комплекса. Между тем для ландшафта существенно именно то, что в нем взаимодействуют объекты разных структурных уровней материи. Таким образом, и микроподходы содержат в себе элемент редукции, т. е. сведения целого к части.

Таким образом, ни один из рассмотренных подходов в полной мере не обеспечивает изучения геосистем как целого, хотя и каждый вносит вполне конкретный вклад. Этот вклад больше, когда все подходы используются сопряженно, в виде единой исследовательской системы. Тем не менее такая постановка требует обобщающей концепции, которую, конечно же, нельзя получить простым суммированием разных способов.

Поэтому внимание географов все больше привлекает то обстоятельство, что самые различные объекты, независимо от их вещественного воплощения и энергетической природы, независимо даже от того, являются ли они материальными и духовными, доступны в высшей мере содержательному изучению с помощью некоторых весьма общих, в значительной мере универсальных научных принципов. Таковыми являются прежде всего системные принципы, на основе которых сейчас постепенно перестраивается ландшафтная наука. Имея в виду это обстоятельство, В. Б. Сочава (1974) писал, что на смену ландшафтоведению идет учение о геосистемах.

Из сделанного обзора мы видим, что объективно ландшафтоведение накопило значительный научный потенциал. Свести его в надлежащую систему, восполнить еще недостающие звенья исходной концепции и подчинить все разнообразие подходов главной цели — таковы задачи дальнейшего совершенствования ландшафтоведения и ландшафтного метода. Этими задачами, очевидно, должны определяться и взаимоотношения ландшафтной науки с новыми течениями географии.

## АНТРОПОГЕННЫЙ ФАКТОР

Ландшафтной географии имманентно присущ интерес к изучению взаимодействия природных и антропогенных факторов. Уже в основополагающих работах В. В. Докучаева (1948) и Л. С. Берга (1931) не только теоретически подчеркнута значимость этой темы, но и предприняты попытки конкретного анализа связи земной природы и деятельности человека. Хотя далеко не все положения и выводы упомянутых ученых состоятельны в методологическом плане и фактическом отношении, перед нами несомненно образцы комплексного изучения природы в целях оптимизации ее практического использования.

Американский географ К. Зауер определил ландшафт, исходя из представления, что это «территория, характеризующаяся специфической взаимосвязью природных и культурных форм» (Sauer, 1925, с. 25—26). Спустя много лет, то же подчеркнул советский ученый К. К. Марков (1972, с. 12), который считал, что «географический ландшафт — участок земной поверхности, обладающий своеобразными чертами природы и хозяйства». В этом направлении ведется интенсивный поиск у нас и за рубежом (Милюков, 1970а; Исаченко, 1976; Влияние человека..., 1977; Хаазе, 1976; Webb, 1974; Het Kromme — Rijnlandschap..., 1974; Williams, 1975; Snacken, 1977; и др.).

Обращение к «антропогенной» тематике, хотя ему часто сопутствовали ошибки, дало многое для развития ландшафтной науки. Здесь особенно уместно подчеркнуть, что оно в большой мере способствовало постановке и пониманию проблемы динамики ландшафта. Так, в советском ландшафтоведении послевоенных лет стало правилом различать естественные географические комплексы и многочисленные производные от них антропогенные модификации. Последние в процессе ландшафтного анализа подчиняются исходным, природным вариантам геокомплекса (Раменский, 1938; Ramans, 1956; Сочава, 1962, 1967).

В настоящее время существует довольно обширная литература, посвященная изучению проявлений в ландшафте деятельности человека, разного рода классификациям антропогенных модификаций природных комплексов, выявлению региональных и планетарных закономерностей трансформации окружающей среды в ходе ее освоения и хозяйственного использования. Эти работы составляют основу так называемого антропогенного ландшафтоведения (Милюков, 1970а; Рябчиков, 1972; Куракова, 1976).

Систематизация «отпечатков» деятельности человека в ландшафте — важный путь к выяснению того, в чем и как ландшафтоведение может и должно конструктивно помочь



обществу, существенная предпосылка для правильного внедрения научных результатов в практику природопользования, непереносимый источник знания для совершенствования взаимоотношений общества и природы в интересах обеспечения «сотворчества» (Сочава, 1975б) обеих сторон.

Специализированные прикладные ландшафтные работы, например, по сельскохозяйственной, инженерной, градостроительной, рекреационной тематике, по сути дела, можно рассматривать как дальнейшую — конструктивную фазу «антропогенного» ландшафтоведения. Поэтому изучение вклада антропогенной составляющей в строение, функционирование и динамические проявления геосистем есть связующее звено между теорией и прикладным ландшафтоведением, которое постепенно определяется в качестве особого направления (Исаченко, 1976). Думается, что жизнеспособность прикладной ветви ландшафтной науки зависит прежде всего от того, насколько гармонично будут развиваться отношения между «антропогенным» ландшафтоведением и «неантропогенным».

Большую часть работ, выполненных до сих пор в области прикладного ландшафтоведения, можно объединить под общим названием «инвентаризация и оценка природного потенциала ландшафта». Эта проблема также наиболее осмыслена с теоретической и методической точек зрения (Преображенский, 1966; Мухина, 1973, 1974; Хаазе, 1976).

Особенно важен один вид оценки — определение так называемых допустимых нагрузок на ландшафт. В широком смысле слова — это оценка устойчивости геосистем. Она знаменует, пожалуй, самую высокую ступень географического синтеза и в то же время особенно глубокое проникновение в систему ландшафтных связей.

От прежних этапов развития ландшафтной науки сохранился термин «культурный ландшафт». Это прежде весьма расплывчатое в смысловом отношении словосочетание в последние десятилетия стало выражением «стратегической» цели прикладных ландшафтных работ. «Теория культурного ландшафта», — подчеркивает А. Г. Исаченко (1975, с. 36), — «завершающее звено фундаментальных основ прикладного ландшафтоведения. Формирование культурного ландшафта преследует двоякую цель: с одной стороны, повышение экономической эффективности функционирования ландшафта, ... с другой — улучшение среды обитания с учетом не только медико-гигиенических норм, но и растущих духовных потребностей человека». А. Г. Исаченко, как и остальные географы-натуралисты, полагает, что принцип построения культурного ландшафта состоит в «рациональном использовании человеком заложенных в природе потенциальных сил, а не разрушении или угнетении природы» (Бауэр, Вайнчике, 1971, с. 210—211).

В последнее десятилетие наряду с понятием культурного ландшафта в географической литературе высказываются более радикальные предложения. Рассматривая перспективы экспериментально-преобразовательной, или конструктивной, географии, И. П. Герасимов (1976, с. 64) сформулировал следующую задачу — разработка «теоретических моделей и конструирование новых типов структуры природно-технической среды с повышенным и общим потенциалом и естественной производительностью».

Инженерным воплощением такой идеи должны быть геотехнические комплексы, или природно-технические системы (Ретеюм и др., 1972), — принципиально новые формы оптимального сочетания на географической основе спонтанной природы и техники. В эти конструкции предполагается, в частности, включать активные системы инфраструктур, предназначенные для контроля и регулирования естественных процессов, причем в роли управляющего центра мыслится человек или автомат.

Отдавая должное актуальности и перспективности изложенных идей, мы, однако, так же, как немецкий исследователь К. Бильвиц (Billwitz, 1976), полагаем, что по меньшей мере в ближайшем будущем господствующим типом природопользования будут не геотехнические системы в понимании цитированных выше авторов, а лишь в той или иной мере модифицированные человеком геосистемы, функционирующие в основном в соответствии со своими природными режимами. По современным представлениям, в культурный ландшафт наряду с полностью автоматизированным человеком, искусственно управляемыми природно-техническими системами и в разной степени модифицированными природными геосистемами непременно должны входить также ненарушенные природные комплексы. Последние, по оценкам Д. Л. Арманда (1975), требуют не менее 1% общей площади Земли, а вместе с близким к естественному состоянию участками — не менее 10%.

Участки нетронутой природы нужны: для охраны природы в широком смысле слова, т. е. для предотвращения деградации и невосполнимой утраты главнейших генетических качеств природной среды, сохранения в целостности достигнутого ею эволюционного уровня; для вовлечения природных механизмов и естественных географических связей в регулирование условий среды обитания человека — прежде всего в целях восстановления и увеличения созидательных сил природы, нейтрализации разрушительных процессов, возбуждаемых хозяйственной деятельностью; для обеспечения возможности глубокого научного исследования законов, управляющих эволюцией и функционированием земной природы.

С такой точки зрения оптимальная структура культурного



ландшафта еще не получила надлежащей научной разработки. Вопрос о рациональных соотношениях в нем искусственных геотехнических систем, разных антропогенных модификаций геосистем и первичных, спонтанных геосистем принадлежит к числу самых главных в области экспериментального ландшафтоведения.

Последнее должно изучать объекты всех трех категорий в их географическом единстве. Но, как свидетельствует опыт, для постановки конкретных экспериментальных исследований особый интерес представляют в первую очередь ненарушенные геосистемы, позволяющие охватить природную основу ландшафта наиболее полно и глубоко. Участки спонтанной природы среди остальных объектов ландшафтно-географического эксперимента могут и должны быть отправным пунктом.

В целом «антропогенизация» тематики ландшафтных работ, к которой настойчиво и в общем обоснованно стремятся многие исследователи у нас и за рубежом, не вправе затенять естественнонаучную основу ландшафтоведения. Больше того, это стремление не может быть осуществлено без более глубокого, чем до сих пор, проникновения в природные закономерности. Только при таком условии можно рассчитывать на реальные возможности прогнозировать ход ожидаемых проявлений динамики геосистем, управлять ими таким образом, чтобы «провоцируемые» хозяйственным освоением и использованием ландшафта перестройки были не разрушительными и опустошительными, а созидательными.

#### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

В широкой печати в качестве синтетической концепции окружающей человека среды гораздо чаще, чем ландшафтоведение, рассматривается экология. Последняя многим кажется более созвучной устремлениям современной «прогностической» и «конструктивной» географии, чем ландшафтоведение. Еще недавно Г. Хард (Hard, 1969) писал о «диффузии идеи ландшафта», отмечавшейся с 20-х по 60-е годы. Теперь же ускоренными темпами идет и «растекание» экологических представлений. Отчасти такое положение можно объяснить тем, что от соприкосновения с человеком больше и прежде всего страдает живая природа. Ее состояние и вызывает тревогу в первую очередь. Соответственно экология как «биология окружающей среды» (Одум, 1975, с. 10) оказывается в центре внимания, — тем более что ландшафтоведы нередко склонны придавать биоте второстепенное значение.

Но не только этим объясняется популярность экологических концепций, в частности, биогеоценологии. Так же как ландшафтоведение, их отличает широта охвата природной

среды, в том числе и косных компонентов. Однако ландшафтоведы заметно отстают от экологов в разработке теории предмета своих исследований, в его экспериментальном знании, а также в деле математизации и внедрения других новых методов. По сравнению с ландшафтоведением экология ушла гораздо дальше в области сотрудничества с дисциплинами «переднего фронта» современной науки и разными отраслями непосредственной практической работы по решению проблем среды.

В качестве достаточно характерного, особенно за рубежом, примера сошлемся на мнение составителя одного из изданий, предназначенного для популяризации знаний об окружающей среде (Clements, 1973). Автор предисловия призывает читателя вникать в среду обитания как цельную систему, не ограничиваясь восприятием только ее внешнего облика. В этой связи он пишет, что нас научили видеть ландшафт художники. «Теперь мы должны учиться видеть ландшафт как динамический процесс, включающий физические, химические и биологические системы, — короче говоря, как экосистему» (Clements, 1973, р. 15).

Несмотря на утрированное толкование идеи ландшафта, изложенная здесь точка зрения отражает очень важное направление экспериментально-ландшафтных исследований. В 1939 г. это направление К. Тролль назвал экологией ландшафта. «Исследование аэрофотоснимков, — писал он тогда, — есть в высшей мере ландшафтная экология», или «пространственная экология земной поверхности» (Troll, 1939, с. 297). Употребляя слово «экология», автор хотел подчеркнуть принципиальную необходимость охватить как единое целое внешний облик ландшафтов, их пространственное распределение и совершающиеся в них процессы.

Теперь в странах немецкого языка с экологией ландшафта, или геоэкологией, ассоциируется изучение вещественно-энергетического оборота в разных ландшафтных подразделениях природной среды. По К. Троллю (Troll, 1963), это направление «синоптического охвата природы является самой всеобъемлющей формой исследования природного ландшафта» (цит. по Das Gesicht der Erde. V. 2, 1975, S. 701). Отсюда понятно и преобладание термина «экология ландшафта» над другими обозначениями ландшафтоведения в Центральной Европе, а также в некоторых сопредельных странах.

Своеобразным эквивалентом зарубежной экологии ландшафта является возникшая несколько раньше в нашей стране «экология земель, или экотопология, — учение о внешней обусловленности различных местообитаний и жизненных сред» (Раменский, 1938, цит. по Раменскому 1971, с. 170). Впоследствии, однако, ландшафтоведы восприняли главным образом только одну часть учения Л. Г. Раменского — мор-



фологию ландшафта (Солнцев, 1949). Синтетический экологический подход у нас получил развитие в виде учения о биогеоценозах (Сукачев, 1945; Основы..., 1964), которое развивалось в значительной мере обособленно от основной ветви советского ландшафтоведения.

В восстановление, углубление и расширение взаимодействия ландшафтоведения с экологией значительный вклад внесли работы В. Б. Сочавы (1962, 1964, 1967, 1970). В них акцентировано внимание на изучении биоты, не умаляя при этом ландшафтообразующей роли остальных компонентов. Вместо морфологии ландшафта в указанных работах предложены принципы выделения, картографирования и анализа геосистем по структурно-динамическим критериям. Немаловажное значение для сближения с экологией имеет обоснование учения о физико-географических фациях (впоследствии названного геотопологией) как одного из важнейших разделов ландшафтной географии. Прежде этот уровень естественной организации природной среды, на котором и ведется основная часть конкретных синэкологических исследований, ландшафтоведы нередко были склонны оставлять вне своей науки (Милюков, 1970а).

Сейчас идет ускоренная интеграция географии с экологией по многим направлениям. В этой связи недавно И. П. Герасимов (1976) выступил с тезисом, утверждающим, что учение о природных экосистемах становится синтезом ландшафтоведения и биогеоценологии.

Действительно, ландшафтная наука уже многое восприняла от биогеоценологии, прежде всего наиболее характерную для последней форму работы — комплексные стационарные исследования. Биогеоценологические программы были образцом, когда ландшафтоведы вступали на этот путь, и служат одним из главных ориентиров также теперь. В свою очередь, биогеоценологи все больше обращаются к тем идеям, которые до сих пор конкретно разрабатывали главным образом ландшафтоведы — прежде всего к представлениям о пространственных связях, иерархии природных комплексов, географических размерностях (Дылис, 1973; Бяллович, 1973а, б; Дроздов, 1975; Нечаева, Гунин, 1976).

Тем не менее объединение в одно понятие экосистемы и геосистемы, биогеоценологии и современного ландшафтоведения нецелесообразно и нереалистично, поскольку оно не соответствует фактическому положению вещей. Конкретный опыт, а также программные установки большинства экологов и географов (Сочава, 1970; Ellenberg, 1973; Минц, Преображенский, 1973; Одум, 1975; Задачи развития..., 1977) свидетельствуют, что речь идет о двух самостоятельных, хотя и взаимно связанных направлениях исследований. В первом приближении различия можно сформулировать следующим

образом экологи видят изучаемый предмет «биоцентрически» (Исаченко, 1972), географы — «полицентрически» (Сочава, 1975). В целом экология и ландшафтная география — не дублирующие, а взаимодополняющие дисциплины.

Экологические принципы при их обобщении и известной формализации могут быть полезными также для изучения систем, где центральным организующим звеном является не биота, а другие элементы окружающей среды. Японский ученый М. Нумата (Numata, 1971) экологические системы называет системами «предмет — среда». Главное в этих системах — «предмет». «Среда» — это то, что имеет отношение к существованию «предмета» как «хозяина» экологической системы. Подобным образом А. А. Минц и В. С. Преображенский (1973) рассмотрение отношений «дома» и «хозяина» считают важнейшей чертой экологического подхода вообще и его приложений в географии в частности. Этот подход, таким образом, требует при изучении любого географического явления определить его «среду» (совокупность факторов, составляющих функциональное окружение), выявить роль (функции) каждого фактора в отдельности и всей их совокупности в жизнедеятельности данного «предмета», установить обратное влияние последнего на «среду», выяснить взаимодействия данной «экологической системы». Так, В. Р. Волобуев (1963, с. 5) назвал экологией почвы «изучение закономерных соотношений между почвой и средой ее формирования в их взаимодействии и развитии».

Нетрудно заметить, что это — некоторая конкретизация обязательного для ландшафтоведения принципа комплексности — в том смысле, что отношения «дом — хозяин» выдвигаются в качестве критерия для определения, насколько комплексным в каждом отдельном случае должен быть охват явлений при анализе природного комплекса или отдельной его части. Вместе с тем, как видим, рассматриваемый критерий органически вписывается и в совокупность положений, объединяемых общим названием «системный подход». Последний, таким образом, в значительной мере является экологическим — в формально-методическом смысле. Так, Д. Стодарт (1971, с. 236), который, по-видимому, первый на английском языке употребил слово «геосистема», исходил из опыта экологии. Однако, проанализировав существующие модели экосистем, автор пришел к выводу, что в географии экологическая концепция «скорее подсказывает новые идеи, чем помогает решению конкретных задач».

Таким образом, привлечение экологии способствует обогащению содержания и совершенствованию методологии ландшафтной науки. Опыт экологических исследований может служить во многих отношениях ориентиром при постановке и проведении экспериментально-ландшафтных работ.



В целом экология является перспективным и надежным партнером экспериментального ландшафтоведения. Тем не менее стирание всяких границ между обеими дисциплинами неоправданно, потому что с экологией связан лишь один, хотя весьма плодотворный, путь обновления ландшафтной науки. Поиск ведется и должен вестись также в других направлениях.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАТЕМАТИЗАЦИЯ

Весь исследовательский опыт показывает, что объекты ландшафтоведения в силу их сложной организации, особых пространственно-временных и других качеств далеко не в полной мере доступны познанию прямым экспериментальным путем. Эта трудность становится все очевиднее с углублением представлений о динамической сущности ландшафта и возрастанием практических требований к содержательности ландшафтной информации. Выход из положения видится в усиленном развитии методов моделирования, позволяющих вести исследование не на реальных природных географических комплексах, а на их моделях, адекватных «оригиналам» по определенным существенным чертам и удобным для изучения под нужным углом зрения.

Наиболее обычный для географа способ моделирования — изображение изучаемого явления на карте и проведение дальнейшего исследования, пользуясь этой основой. Современные достижения тематического картографирования делают такой способ весьма перспективным. Однако до сих пор гораздо большее значение придавалось насыщению карт информацией, чем получению на их основе новых данных. Нет сомнения, что скорейшее восполнение этого пробела чрезвычайно актуально. Оно требует разработки соответствующих методов анализа карт. С учетом такого требования должно совершенствоваться также ландшафтное картографирование — основная форма работы ландшафтоведа.

Картографический способ, незаменимый при моделировании конкретно-пространственных отношений, естественно, не может удовлетворить исследования всех аспектов геосистем. В настоящее время довольно широко практикуется рассмотрение изучаемых объектов в абстрактных (математических) пространствах, образуемых многочисленными факторами и процессами. В частности, в нашей и зарубежной литературе опубликовано много опытов ординации, как обычно называются эти построения в биолого-экологических дисциплинах, а также схем с привлечением теории графов (Топология..., 1970; Природные режимы и топогеосистемы..., 1975).

Постановка и решение задач с использованием аксиом, понятий, уравнений и других абстракций, которыми оперирует математика, — самый радикальный и универсальный способ моделирования. В сущности, к этому сводится основная работа по построению географических моделей. Карты и другие графические средства весьма ценны своей наглядностью, но все же их применение как моделей невозможно без решения задач в аналитической форме.

С одной стороны, математика ландшафтоведам нужна для анализа уже имеющихся результатов, но, с другой, разработка математических методов требует новых исходных данных. Разрешение этого противоречия принадлежит к числу главных задач экспериментальных исследований. Представляется, что и сама тема математизации на данном этапе — именно часть экспериментального ландшафтоведения.

В настоящее время еще ограничены возможности теоретической проверки правомерности принимаемых математических интерпретаций и действительности получаемых результатов. Поэтому на первых порах методические опыты требуют очень трудоемких и углубленных полевых исследований, выполняемых на ключевых участках как своеобразных натуральных моделях. В противном случае попытки к математическому решению задач влекут за собой чрезмерное упрочение содержания геосистемы, а результаты чаще всего оказываются тривиальными и сугубо формальными.

Сейчас сделан важный шаг: ориентация на количественный учет при сборе исходных данных. По этой части ландшафтоведы добились определенных успехов (Сочава и др., 1970; Александрова, 1975; Геренчук и др., 1975; Геренчук, Топчиев, 1970; Д. Л. Арманд, 1975; А. Д. Арманд, 1975; Количественные методы..., 1975; и др.). Т. Д. Александрова (1975, с. 4) полагает, что проделанная работа уже может рассматриваться как «вклад в создание ландшафтометрии — отрасли науки об измерении и количественном выражении элементов геокомплексов и связей между ними».

Надо отметить, что комплексному количественному изучению доступны в первую очередь элементарные, гомогенные ландшафтные подразделения — выделы фации. Именно на этом уровне были сделаны и первые наиболее широкие опыты сопряженного количественного учета совокупности важнейших составляющих природного комплекса (например, Топология..., 1970). Обращение с помощью количественных методов к более крупным, гетерогенным в пространственном отношении единицам на первых порах малоэффективно. Поэтому с внедрением математических подходов особенно актуальным стал топический подход в ландшафтных исследованиях.

Этому обстоятельству первостепенное значение придавал Э. Нееф (1963), выделяя топологическое и хорологическое



направления в ландшафтоведении (Neef, 1962, 1963). В настоящее время географы ГДР непременно подчеркивают, что топический метод изучения ландшафта — это «строго естественнонаучный качественный и количественный анализ для выявления структуры и системы взаимодействий с необходимой точностью» (Beiträge..., 1973, с. 33). Математическая сторона вопроса особенно также акцентирована в работах по географической топологии в СССР.

В конкретно-методическом смысле топологические исследования в области ландшафтоведения еще далеки от той фундаментальной области, которая под названием «топология» известна в современной математике (Бурбаки, 1968). Поэтому иногда высказываются резкие возражения против употребления этого термина в географии (Арманд, 1975). Однако не подлежит сомнению, что геотопология действительно является одним из самых главных направлений внедрения математического мышления в комплексную физическую географию.

На данном этапе в топических исследованиях, как, впрочем, и во всей географии, резко преобладают методы математической статистики. Они имеют широкую сферу приложения, к которой относятся прежде всего обработка, систематизация и обобщение первичных данных, объем которых в ландшафтоведении весьма значителен и быстро нарастает. Без привлечения статистических и сходных с ними информационных средств не полностью используется обширный материал полевых ландшафтных съемок, аэрофотоснимков, тематических карт, но особенно актуальна статистическая обработка результатов стационарных наблюдений, дающих массовый материал о самых изменчивых свойствах природных комплексов.

Вместе с тем актуальна разработка специальных методик планирования и проведения экспериментальных исследований на математико-статистической основе, как, например, метод комплексной ординации, получивший развитие в Институте географии Сибири и Дальнего Востока для осуществления комплексных стационарных работ (Сочава и др., 1970).

Одна из главнейших и в то же время самых сложных проблем при изучении геосистемы — выявление и систематизация связей, существующих между ее элементами. Собственно, это основной предмет исследований ландшафтоведа. Названная проблема имеется в виду в первую очередь, когда ведется речь о математическом моделировании ландшафтных задач.

О связи между ландшафтными компонентами и ее характере фактически нельзя судить по единичным наблюдениям. Для этого нужны массовый материал, его сравнительный анализ и типизация. В представлении географов связи прежде всего ассоциируются с многократно повторяющимися комбинациями признаков природного комплекса. Выявление таких закономерно повторяющихся сочетаний признаков геологи-

ческого строения местности, рельефа, климата, вод, почвы и биоты — главная цель сравнительного географического анализа, который является до сих пор основным методом ландшафтных исследований. С точки зрения ландшафтоведа статистический подход может быть прежде всего логическим продолжением такого анализа на формальной, логической основе.

Далее, опыт убеждает, что в ландшафтоведении приходится иметь дело с вероятностными связями (Преображенский, 1972; Александрова, 1975). В частности, то обстоятельство, что ландшафтные границы на земной поверхности, как правило, редко могут быть проведены однозначно, подтверждает отсутствие жесткой детерминированности во взаимоотношениях между составными частями ландшафта. Математическая статистика, исходящая из теории вероятностей, также в этом смысле созвучна специфике ландшафтных объектов.

Наконец статистические методы в значительной мере предназначены для первоначальной систематизации массового материала, «сжатия» его, не допуская при этом существенной потери информации, а, наоборот, добавляя к ней новые заключения. Они, как правило, применяются при отсутствии достаточно строго сформулированных теоретических гипотез. На данном этапе это также свойственно ландшафтоведению как эмпирической науке.

Из всего сказанного вполне естественно, что внимание ландшафтоведов привлекает в первую очередь именно статистический подход. Все же это лишь первые шаги в развитии математического подхода. В литературе неоднократно отмечено, что эффективное решение задач, стоящих перед современным ландшафтоведением, невозможно без привлечения основных разделов математики и что нужна даже разработка специального математического аппарата.

В частности, требуется математический анализ в самом широком смысле слова (Преображенский, 1969). Однако он предполагает возможность широкого использования дедукции. Знание же ландшафтных закономерностей еще не достигает необходимого для такого подхода уровня общности и конкретности. Математический анализ пока дает результаты главным образом при решении частных задач, где суть дела в достаточно полной мере можно исчерпать, опираясь на хорошо известные законы физики (например, при анализе радиационного и теплового режимов ландшафта).

В целом обсуждаемый вопрос выходит далеко за рамки собственно методики. Он касается всех отдельных компонентов исследования — его логических основ, исходных понятий и принципов, содержания и постановки проблем, практического использования результатов. Сейчас особо актуальны четко сформулированные исходные модели — содержательные в смыс-



ле постановки вопроса, обоснованные с точки зрения логики ландшафтоведения и представленные в соответствии с требованиями математической логики.

В последние годы ландшафтоведы предложили значительное число схем, дающих компактное изображение существующих представлений о природных комплексах и помогающих уяснить отдельные аспекты их исследования (Преображенский, 1969, 1972; Richter, 1968; Топология..., 1970; А. Д. Арманд, 1971, 1975; Schmidt, 1974; Преображенский, Александрова, 1975, 1977). Все же большей частью они остаются не воплощенными в конкретных экспериментальных работах. Несовершенство исходных моделей отрицательно сказывается на планировании опытов и на результатах первичной статистической обработки. Вопрос о применении более абстрактных математических средств и теоретического анализа в строгом смысле слова при таком положении вообще остается открытым.

Для преодоления трудностей, возникающих на пути внедрения математических методов, существенное значение имеют идеи системной организации. Последние ввиду их общности, универсальности созвучны математике в гораздо большей мере, чем традиционно сложившиеся в ландшафтоведении схемы анализа. Поэтому перестройка науки о природных географических комплексах на системной основе одновременно является и важным шагом к развитию математического подхода в ландшафтоведении. Имеет значение, однако, и другое обстоятельство. Системные принципы, вобравшие в себя опыт многих наук, служат источником теоретических и методических идей, а также ориентиром при постановке конкретных проблем. Дальнейшее развитие науки о природных географических комплексах на системной основе имеет существенное значение для внедрения математического подхода — построения моделей геосистем и математической интерпретации задач, решать которые призвано современное ландшафтоведение.

Внедрение математики в ландшафтные исследования в настоящее время непременно ассоциируется с необходимостью иметь массовые исходные данные. Это обусловлено как специфическими требованиями используемых сейчас количественных методов, так и действительной нехваткой фактических данных для исследования таких многогранных объектов, как геосистемы. Поэтому вполне естественно, что ландшафтоведы большие надежды связывают с автоматизацией натурных наблюдений и прогрессом техники дистанционных измерений. Однако нельзя не видеть, что это — лишь одна сторона дела, хотя и чрезвычайно важная.

Не менее существенна другая сторона — рациональное, целенаправленное планирование и проведение количественных учетов, что можно сделать только опираясь на весь исследовательский опыт и все методы. Работа в этом направлении

имеет не только самое непосредственное отношение к выдвижению реалистических, оптимальных программ экспериментальных исследований. Она в конечном итоге является залогом того, что массовые измерения и математическое моделирование ландшафтных задач приведут к действительно новым результатам.

## СИСТЕМНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Как видно из всего сказанного, в ландшафтоведении новым течением сопутствует усиление системной ориентации. «Ориентирами» в данном случае служат такие в высшей степени «синтетические» дисциплины, как теория систем, теория информации, кибернетика, а также многие более частные отрасли научной и практической деятельности (например, биология, экономика), идущие в авангарде системного движения. Вместе с тем исследователи все больше внимания уделяют элементам системного мышления, содержащимся в самой ландшафтной географии.

В связи с работой над этими проблемами появился термин «геосистема». За неполных 15 лет он прочно вошел в лексикон географов, однако не в единственном смысле. Эти различия в некоторой степени отражают и различные направления «системного движения» в географии.

Для ландшафтоведения наибольший интерес представляют три пункта приложения системных идей: 1) усиление роли теоретического анализа и формальных методов исследования; 2) поиск путей к географическому синтезу предмета социально-экономической географии с изучением природной среды; 3) углубление и расширение представлений о предмете современного ландшафтоведения.

Системные принципы представляют собой обобщение на весьма высоком уровне абстракции опыта разных областей науки и практики. Отсюда многие исследователи полагают, что теория систем занимается не содержательной стороной изучаемых вопросов, а выясняет формальные отношения, которые выступают как некоторые инварианты по отношению к конкретной природе рассматриваемых явлений (Месарович, 1971).

С такими представлениями перекликается точка зрения И. П. Герасимова (1976, с. 64), который ратует за разработку «структурного ландшафтоведения». Последнее должно изучать ландшафтные объекты, как «структурные системы — теоретико-логические модели с большим информационным содержанием», применяя «для их исследования, типизации и систематизации приемы кибернетического анализа». Этот теоретико-логический подход находит отражение в разработ-



ках А. Д. Арманда (1966), В. Н. Солнцева (1974), Ю. Г. Пузаченко и В. С. Скулкина (1977), А. Г. Топчиева (1975), И. Крхо (1976) и некоторых других авторов. Они берут за исходную основу универсальные математические структуры, фундаментальные законы физики и другие общие построения.

Тем не менее большинство географов не склонны отдавать предпочтение абстрактному мышлению, формальным критериям и заимствованным извне схемам. Так, авторы одной из уже цитированных работ не без оснований замечают, что «сейчас положение рискует стать особенно критическим, поскольку разрыв между теоретическими «амбициями», с одной стороны, и количеством и качеством эмпирического материала — с другой, усиливается» (Геренчук и др., 1975, с. 296).

В. Б. Сочава полагает, что системный подход в своей основе есть эмпирический принцип. Он призван изучать систему такой, какой она существует в природе. Однако это замечание, как ясно видно из общего содержания учения о геосистемах (Сочава, 1974, 1978), направлено не против усиления теоретического анализа как такового, а против нередко сопутствующего ему пренебрежения конкретным опытом.

В целом же не подлежит сомнению, что основное требование системного подхода — обеспечить исследование системы без ее расчленения — может быть осуществлено только при гармоническом развитии теоретического и экспериментального начала. Больше того, нам представляется, что одна из главнейших задач применения системных принципов — объединить оба этих начала.

Многие авторы, рассуждающие о системном подходе в географии, акцентируют внимание на синтетическом изучении природно-географических и социально-экономических аспектов оптимизации территориальной организации хозяйственной деятельности. В таких работах понятие «геосистема» часто используется как территориальная система, включающая «природу, производство и население со всем многообразием связей между ними и взаимодействием» (Математические методы..., 1976, с. 7).

Как известно, природные и социально-экономические системы — принципиально различные категории. Однако между ними существуют объективные связи, выявление и регулирование которых чрезвычайно актуально. Для осмысления географических сторон этой проблемы и разработки соответствующего понятийного аппарата с учетом системных представлений многое сделали Ю. Г. Саушкин (1976), Ю. Г. Саушкин, А. М. Смирнов (1968) и другие экономико-географы.

Тем не менее на данном этапе эта проблема не решается без выделения, в частности, природных систем и социально-экономических географических систем (Демек, 1977; Крхо, 1976; Попов, 1975; Топчиев, 1975). Подобным образом и кон-

кретные исследования вопросов взаимодействия природы и общества в географии фактически ведутся с двух сторон.

В первом разделе настоящей главы понятие «геосистема» рассматривалось как естественное продолжение представления о природном географическом комплексе. На базе этого представления оно и было впервые введено в науку В. Б. Сочавой. Также теперь большинство физиков-географов в геосистеме видят не отрицание прежнего предмета ландшафтных исследований, а новую его интерпретацию — трактовку с системных позиций, принимая во внимание идеи, которые приносят моделирование и математическое мышление, сближение с экологией, уяснение разных аспектов взаимодействия человека с природой, а также (но не в последнюю очередь) реальные экспериментальные результаты и перспективы их углубления.

Вместе с тем существуют и другие мнения. Одно из них о том, что гео- и экосистема — один и тот же объект, уже упоминалось. Обратимся к остальным точкам зрения.

Н. А. Гвоздецкий (1973) считает, что с привлечением системного подхода в поле зрения ландшафтной науки входит третий вид физико-географической дифференциации — пространственно-функциональный, который должен исследоваться наряду с ранее изучавшимися видами — типологическим и региональным (индивидуальным). Автор склонен думать, что геосистемами предпочтительнее всего именовать единицы этой, третьей, категории, к которым он относит, в частности, «парагенетические комплексы» Ф. Н. Милькова (1966) и геоконплексы с «однонаправленными системообразующими потоками вещества и энергии» А. Ю. Ретеюма (1971).

В современной физической географии А. Ю. Ретеюм (1975) усматривает три разных направления исследований, которые он назвал типологическим, генетическим и функциональным. Геосистема, по его мнению, есть продукт функционального членения поверхностного слоя планеты «в целях исследования процессов интеграции» (с. 19). Основным методическим средством такого членения земной поверхности автор считает анализ потоков и констатирует, что «обычно доминируют один — два потока» (с. 20). При этом «перемещения вещества в пределах суши имеют в основном однонаправленный характер, и формируют они почти исключительно разомкнутые геосистемы...» (с. 21), например водосборные бассейны.

В свое время Ю. П. Бяллович (1947) сходный смысл вкладывал во введенное им понятие «синхора». Последняя существует как единое целое вследствие неодинаковости и даже противоположности ее территориальных частей, поскольку этими контрастами вызываются горизонтальные потоки энергии и вещества. Эту идею автор развивает и в последующих работах (Бяллович, 1973а, б), где такие объединения называет «системами биогеоценозов», или «биогеосистемами».



Последние, как отмечает автор, в сущности, являются контурными образованиями, т. е. пересекаемыми потоками «не в двух, а в значительно большем количестве направлений, формируя при этом громадное число разнообразных взаимодействующих контуров» (Бялович, 1973а, с. 42). Поэтому выделение какого-нибудь одного вида потока, играющего «особенно большую, решающую роль в отношениях между биогеоценозами, перекрывающую значение всех других биогеопотоков и латералей» есть «упрощение», которое «требует большой осмотрительности» (там же, с. 42—43).

Д. Л. Арманд (1975) полагает, что практически «геосистемам приходится придавать функциональное значение, ограничивая их рассмотрением какого-либо процесса или группы процессов» (с. 10). Но в таком случае, по его мнению, геосистемы — «это нетерриториальные (и неакваториальные) комплексы, ограниченные только принадлежностью к Земле и относительно тесными связями внутри их» (с. 8).

По сути дела, речь ведется о системах такого рода как атмосферная циркуляция, круговорот влаги, оборот органического вещества и тому подобных, связывающих разные компоненты природы или отдельные участки земной поверхности (в том числе не соприкасающиеся территориально).

Однако «выделение геосистем» (в его понимании), далее уточняет Д. Л. Арманд, «весьма плодотворно в теоретических вопросах, но оно часто оказывается неудобным для практических целей» (с. 11). Для последних, он полагает, целесообразно выделять природные территориальные комплексы, которые, как правило, рассекают рассматриваемые им системы на части. Но к этому автор добавляет, что «территориальные комплексы тоже можно рассматривать как системы» (там же), только выделяемые по иным критериям, чем обсуждаемые здесь нетерриториальные единицы.

Нам думается, что избежать неудобств, о которых сказано в только что приведенных цитатах, и, таким образом, перенести представление о геосистеме из области теории в практику экспериментальных работ можно, не отрываясь от прежнего опыта ландшафтоведения. В частности, при рациональном сочетании таксономии геоморфов и геохор, учитывая иерархические отношения, существующие между единицами топического, регионального, планетарного уровней, геосистема остается вполне территориальной категорией и в то же время естественно включает в себя «нетерриториальные» системы процессов.

Так, пространственно-функциональной единицей является категория геосистем, названная В. Б. Сочавой «геохорами», т. е. гетерогенные территориальные подразделения, состоящие из взаимосвязанных, но качественно неодинаковых геоморфов. Геохорам свойственны признаки синхор, или биогео-

систем. Что же касается выделения систем с «однонаправленными системообразующими потоками», то это, на наш взгляд, частный, но полезный методический прием анализа пространственных связей. «Бассейный» метод, например, в значительной мере дополняет традиционный профильный метод при проведении полевых исследований и постановке экспериментов. В таком качестве он уже находит применение и в дальнейшем, по-видимому, получит еще большее распространение (Антипов, 1977; Семенов, 1977).

Конечно, системное движение в ландшафтоведении еще делает первые шаги. Пока оно далеко от разрешения стоящих перед ним вопросов. Кроме того, не лишены оснований критические взгляды некоторых географов, предостерегающих от переоценки реальных возможностей системного подхода (Михайлов, 1976). Все же объективная необходимость развития этого направления не может быть подвергнута сомнению.

Среди задач, ждущих своего решения, особенно надо упомянуть одну, которая нередко выпадает из поля зрения географов. Системный подход призван прежде всего ввести систему в ландшафтную науку — в ее эмпирический материал, теорию, методiku, практическое применение и постановку проблем, подчинить все названные элементы главной цели. Специалисты в области системной методологии (Блауберг, Юдин, 1973) в этом и видят основное назначение ее в науке вообще.

С такой точки зрения среди работ, посвященных вопросам системной ориентации в географии, особого внимания заслуживает разработанное В. Б. Сочавой учение о геосистемах. В сущности, это первый и наиболее широкий к настоящему времени опыт обобщения главнейших положений современной физической географии на базе системных идей. Отдельные элементы его концепции коротко рассматривались по ходу изложения, и здесь на них не будем больше останавливаться. Отметим только три важных, на наш взгляд, достоинства рассматриваемого учения.

Первое из них — сведение многих ранее не созвучных представлений под общий знаменатель и придание всей их совокупности качественно нового смысла, отвечающего интересам сегодняшней науки и практики. Далее, отправным пунктом учения о геосистемах стало то, что, по сути дела, составляет стержень «тела и жизни» ландшафта — динамика геосистем. Традиционное ландшафтоведение главным образом только готовило подступы к решению этой задачи. Учение о геосистемах сделало дальнейший шаг — оно дало трактовку объектов ландшафтоведения исходя из динамических позиций.

Наконец, третье немаловажное обстоятельство заключается в том, что учение о геосистемах возникло как естествен-



ный ответ на вопросы, которые возникали в ходе обширных конкретных полевых исследований. Особенно важное значение при этом имели комплексные стационарные работы сибирских географов, с самого начала ставившиеся на ландшафтной основе (Сочава, 1963, 1969б, 1970; Сочава, Крауклис, 1964; Сочава и др., 1970).

Обсуждаемая здесь концепция формировалась как теоретическая основа этих исследований. Подобные взаимоотношения ее связывают с тематическим картографированием, решением комплексных региональных задач освоения территории, постановкой проблем прогнозирования и т. д.

Этот опыт принят во внимание при формулировке понятия о геосистеме, основной смысл которого его автор разъясняет следующим образом: «Используя язык кибернетики, можно сказать, что это особый класс управляющих систем, земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом. Геосистемы представлены геомерами и геохорами» (Сочава, 1978, с. 292). В таком значении термин «геосистема» использован также в настоящей работе.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

Рассмотрение современного ландшафтоведения и ландшафтного метода показывает, что перед нами весьма разветвленная область исследований, которая, однако, еще не приобрела достаточно строгой научной структуры. Хотя различные аспекты ландшафтной географии в конечном итоге взаимообусловлены, они разрабатывались в значительной мере обособленно и нередко вступали в противоречие друг с другом. Несмотря на определенные достижения, на сегодняшний день ландшафтоведение в целом остается совокупностью не вполне согласованных исходных положений, закрепившихся на разных этапах развития. Отсюда главным образом и идут характерные для ландшафтной науки расхождения в понятиях и терминологии, в постановке конкретных исследований и толковании фактических данных.

В процессе конкретизации представлений о целостном качестве своих объектов ландшафтоведение идет, как отмечено В. Б. Сочавой, от простого описания всего сосуществующего на территории к постижению взаимодействий между частями природного комплекса и выявлению его системной организации. Это есть движение от физиономического восприятия ландшафта к анализу скрытого от непосредственного наблюдения внутреннего содержания геосистем; от фиксации преимущественно пространственных взаимоотношений между

элементами целого к познанию связей «через время»; от рассмотрения статики и макроскопических свойств компонентов к охвату геосистемы в ее динамике, улавливаемой и объясняемой прежде всего с помощью «микроскопических» методов; от сугубо эмпирического изучения природного комплекса к сочетанию эксперимента с теоретическим моделированием.

Основоположники диалектического материализма, наметившие и блестяще применявшие в своих работах метод восхождения от абстрактного к конкретному, учили, что «конкретное потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно, единство многообразного. В мышлении оно поэтому выступает как процесс синтеза, как результат, а не как исходный пункт, хотя оно представляет действительный исходный пункт созерцания и представления» (Маркс, Энгельс, 1967, т. 12, с. 727). Ландшафтоведению в этом направлении предстоит трудная и сложная экспериментальная работа по систематической проверке на опыте правомерности разных моделей синтетического рассмотрения природной среды, испытанию состоятельности лежащих в их основе гипотез, обновлению и пополнению фактического материала.

К настоящему времени эмпирические исследования в ландшафтной науке разделились на два главных русла. Одному из них свойствен преимущественно макроскопический охват природных комплексов, второму — более углубленный «микроскопический».

Первое направление образуют прежде всего комплексные полевые съемки территории, ландшафтное картографирование и работы по физико-географическому районированию. Это основная ветвь советского ландшафтоведения, берущая начало из разработанной Л. С. Бергом первой цельной научной концепции географического ландшафта. Она получила развитие и утвердилась благодаря исследованиям С. В. Калесника, Н. А. Солнцева, А. Г. Исаченко, Ф. Н. Милькова, К. Г. Рамана, К. И. Геренчука, Н. А. Гвоздецкого, а также многих других географов. Другое русло — специальные комплексные исследования физического, геохимического, биолого-экологического плана, возникшие из работ А. А. Григорьева, Б. Б. Полянова, В. И. Вернадского, Л. Г. Раменского, В. Н. Сукачева.

Такое разделение нашло отражение в большей части ландшафтной и географической литературы вообще. С макроскопическими исследованиями обычно ассоциируется решение задач по «инвентаризации», а с микроподходами — «глубокое проникновение в сущность и функционирование геосистем» (Задачи Географического общества СССР..., 1976, с. 360). Собственно экспериментальным признается второе



направление. Первое же по отношению к нему, нередко представляется как «неэкспериментальная» по своему содержанию и методу исследования область.

Так, И. П. Герасимов (1976), рассматривая перспективы «экспериментально-преобразовательной», или конструктивной, географии, квалифицирует основную ветвь нашей ландшафтной науки как дисциплину, возникшую на «описательном этапе географии» (с. 60), когда последняя решала преимущественно познавательные задачи. Описательным он называет и основной метод этой ветви ландшафтных исследований — географическое сравнение.

Автор вполне справедливо акцентирует внимание на внедрении новейших методов геофизики, геохимии, биологии, достижениях техники, математики и других точных наук как естественного дополнения к сравнительно-географическому подходу. Последний при этом «по-прежнему необходим для правильного выбора объектов экспериментальных (стационарных) исследований и научно обоснованной экстраполяции их результатов» (Герасимов, 1976, с. 111). Принимая такую программу экспериментального ландшафтоведения, все же необходимо сделать некоторые уточнения.

Прежде всего, едва ли можно назвать описательными труды родоначальников науки о природных комплексах в нашей стране — В. В. Докучаева, Г. Н. Высоцкого, Г. Ф. Морозова и других. Научные интересы этих выдающихся естествоиспытателей выходили далеко за рамки чисто познавательной науки. Прочную связь с практикой трудов В. В. Докучаева и их прогнозную направленность особо подчеркнул Ю. Г. Саушкин (1948) в предисловии к изданию важнейших географических статей основателя учения о естественноисторических зонах. Автор этой синтетической научной концепции, имеющей фундаментальное значение для современной географии, был решительно против старой описательной, «расплывающейся во все стороны» географии (Докучаев, 1949, с. 331).

Описательными первоисточники советского ландшафтоведения не являются также в методическом отношении. Широко применявшийся в обсуждаемых исследованиях сравнительно-географический метод — это прежде всего строго научный анализ, по своим принципиальным установкам вполне отвечающий духу точных экспериментальных наук. Примечательно, в частности, что Г. Н. Высоцкий одновременно является пионером комплексного полевого картирования, с одной стороны, и стационарных исследований с применением методов физики, химии, биологии, количественных параметров и глубоко продуманных интегральных качественных характеристик — с другой. Обе стороны научного наследия Г. Н. Высоцкого (1962) составляют неразрывное целое как прообраз экспериментального ландшафтоведения.

Далее надо отметить, что макроскопическое ландшафтоведение возникло не раньше специализированных микроподходов. Обе ветви формировались параллельно, каждая по-своему стремилась к развитию и утверждению экспериментального начала в ландшафтной науке. При этом обращение исследователей к полевым ландшафтными съемкам территории — не менее важная веха, чем специализированные опыты. Это было решительным поворотом ландшафтоведения от переработки результатов, добытых другими науками, к получению оригинальных фактических данных. Кстати, эти макроскопические данные к сегодняшнему дню и составляют преобладающую часть эмпирической основы ландшафтоведения.

При обычном маршрутном способе полевых работ исследователь может судить о природном комплексе преимущественно только по одному его состоянию. Решительным образом меняется положение при стационарных исследованиях, когда перед наблюдателем одна и та же геосистема предстает в своей временной «многоликости».

Стационары позволяют наладить точный количественный учет хода процессов и воздействующих на них сил в контролируемых условиях. На использование этих возможностей пока ориентированы главным образом специализированные микроподходы, которые, как правило, осуществляются отраслевыми специалистами — прежде всего климатологами, почвоведом, биологами. Для совершенствования макроскопических ландшафтных исследований стационары задействованы пока мало.

Между тем на практике все больше приходится убеждаться в том, как велика дистанция между познанием ландшафта на уровне законов физики, химии, биологии, с одной стороны, и охватом геосистем на макроскопическом ландшафтно-географическом уровне. В результате специализированные экспериментальные направления, призванные внести решающий вклад в решение главной задачи ландшафтоведения — раскрытие интегрального динамического содержания природного географического комплекса, фактически врастают не столько в ландшафтоведение, сколько в смежные отрасли.

Так, самая, пожалуй, «ландшафтная» ветвь из этих исследований — начатое Б. Б. Полюновым изучение геохимической сопряженности разных природных комплексов, — по признанию И. П. Герасимова (1976, с. 113) в более позднее время «получила дальнейшее развитие главным образом в почвенно-геохимическом отношении». Подобным образом, геофизика ландшафта имеет явный климатический и экологический уклон (Будыко, 1977). В свою очередь, третье направление — биогеоценология — биология ландшафта — даже официально отмежевывалась от ландшафтной географии (Основы..., 1964).



Чтобы сделать результаты специализированных экспериментальных направлений своим достоянием, ландшафтоведение должно также со своей стороны идти им навстречу, не теряя при этом тех преимуществ, которые дает макроскопический подход. Отсюда вытекает основная проблема экспериментального ландшафтоведения — соединить макроскопическое изучение геосистем с микроподходами.

Иначе говоря, нужно промежуточное звено, соединяющее специфическое ландшафтно-географическое содержание систем окружающей человека природной среды с теми возможностями, которые раскрывает применение (прежде всего на комплексных стационарах) методов точных наук. Развитие такой связующей концепции и способов конкретных ландшафтных исследований — основная цель предлагаемой работы.

Исходной базой при этом служит геотопология, которую можно считать важным шагом в направлении к сближению и действительному сочетанию микро- и макроскопических ландшафтных исследований. В некоторых отношениях географическая топология уже охарактеризована выше. Подробное содержание будет разобрано в последующих главах. Здесь подчеркнем только одну особенность.

Свойственное этому направлению углубление в явления, специфические для самого элементарного географического уровня, продиктованы в значительной мере именно запросами вышеупомянутых физического, химического и биолого-экологических подходов. Последние экспериментально реализуются прежде всего в пределах элементарного ландшафтного ареала. От того, насколько разработана теория этих географических единиц, зависит сама возможность целенаправленного проведения экспериментальных работ. Но еще большее значение географическая топология имеет для того, чтобы экспериментальные данные не остались только на уровне физики, химии, биологии, экологии и отдельных отраслевых географических дисциплин, а получили комплексный ландшафтный смысл и надлежащую синтетическую трактовку.

В последние годы наметились некоторые изменения во взаимоотношениях между эмпирической и теоретической частями ландшафтоведения. Прежде ландшафтоведы, справедливо отвергая бесплодные спекулятивные рассуждения, особенно подчеркивали, что теоретические положения должны быть результатом обобщения фактических данных. Общеизвестно, что факты питают теорию, однако эмпирические результаты сами по себе не приводят к теоретическому знанию ландшафтных объектов. Чтобы получить его, нужны свои специфические методы (Преображенский, 1969; Арманд, 1975);

Освоение географии системных принципов, математического мышления и методов моделирования создает предпосыл-

ки для формирования относительно самостоятельных теоретических методов исследования. В свою очередь, при совершенствовании экспериментального подхода, прежде всего в развертывании исходных теоретических концепций (Крауклис, Дружинина, 1975).

Экспериментальное ландшафтоведение — направление, находящееся в отношениях взаимодополненности с намечаемым теперь в географии теоретическим анализом. Последний подготавливает предпосылки для целенаправленного и активно-избирательного подхода к изучению частных случаев, лежащих в основе эксперимента. Вместе с тем теоретические исследования сами создают необходимость в эксперименте как способе проверки теоретических моделей и гипотез, их доработки и постановки на новом уровне.

В наши дни все более значительным фактором развития ландшафтоведения становятся прикладные работы, сфера которых быстро расширяется. Сейчас они выделены в особый раздел комплексных физико-географических исследований — прикладное ландшафтоведение (Исаченко, 1976). Если раньше такие исследования ограничивались «лишь оперативным обеспечением текущих практических задач», пишет А. Г. Исаченко (1975, с. 32), то теперь они «должны иметь опережающий по отношению к практике характер».

В 1892 г. В. В. Докучаев, намечая программу особой экспедиции, снаряженной Лесным департаментом для решения вопросов улучшения сельского хозяйства в южных районах, писал, чтобы «местные физико-географические условия были исследованы и испытаны, по возможности, всесторонне и, непременно, во взаимной их связи, необходимо выбрать несколько участков (4—5) на степных водоразделах...» (Докучаев, 1951, с. 117—118).

Одним из таких участков стал Великий-Анадол, где начал свою деятельность Г. Н. Высоцкий. В то время еще не было ландшафтоведения, но по своей программе, методике, общей направленности и, главное, по выводам осуществленный здесь опыт (Высоцкий, 1962) во многих отношениях может быть образцом комплексного экспериментального подхода, реализованного в природе на ландшафтной основе.

Применительно к ландшафтной географии предложения В. В. Докучаева имеют тот же смысл, что и известное высказывание К. Маркса: «Физик или наблюдает процессы природы там, где они наблюдаются в наиболее отчетливой форме и наименее затемняются нарушающими их влияниями, или же, если это возможно, производит эксперимент при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде» (Маркс, 1967, с. 6). В таком смысле изучение ландшафта на специально выбранных для этой цели ключевых участках — не-



пременный элемент экспериментального подхода, адекватный специфике объектов ландшафтоведения.

За «специальные планомерно проводимые выборочные исследования» ратовал Л. Г. Раменский (1971, с. 176). Он подчеркивал, что «с исключительной детальностью и глубиной должны быть изучены участки, на которых организуются опытные исследования». Это — «основное условие для правильного проектирования опытных деленок и истолкования результатов опыта».

В ландшафтоведении получил признание «метод эталонирования, или детального изучения типичных (ключевых) участков» (Михайлов, 1960, с. 39). По мнению упомянутого географа, при наличии доброкачественных топографических карт и материалов аэрофотосъемки метод позволяет значительную часть работы перенести в камеральные условия.

Таким принципом руководствовался К. Уэб, проводивший комплексное географическое изучение природы, хозяйства, населения Северной Бразилии в целях прогнозирования будущего этого огромного края. Автор продемонстрировал, что «исследование на функциональном уровне вообще и его ландшафтная интерпретация в частности наиболее эффективны, когда работы осуществляются путем детального изучения процессов в топографическом масштабе», т. е. на ключевых участках (Webb, 1974, с. 15).

Логическое продолжение метода ключевых участков — стационары. Они сейчас рассматриваются как экспериментальные базы, как «лаборатории в природе». Таким образом, экспериментальный подход стимулирует развитие и утверждение «интенсивной» стратегии, ориентированной на проникновение «вглубь». Применительно к географии это означает прежде всего то, что предметом непосредственно эмпирического изучения становится не вся интересующая территория, а небольшая ее часть, или ключевой участок. Последний рассматривается как эталон, или натурная модель, этой территории, своего рода «пробный экземпляр» или «лабораторный образец». Как всякий «лабораторный образец», такой участок представляет интерес не столько сам по себе, сколько как источник информации о многочисленных подобных участках.

Теперь наступает новый этап — создание сети комплексных научных станций изучения окружающей человека среды. Этот вопрос в Сибири ставился уже в 60-е годы в связи с решением проблем освоения тайги (Сочава, Крауклис, 1964; Сочава, 1967, 1969а; Крауклис и др., 1969; Колесников, Попов, 1973). Сейчас проблема приобретает новое звучание, поскольку в силу вступает такой мощный «связующий» фактор, как достижения космонавтики, позволяющие постоянно следить за состоянием окружающей среды в пределах круп-

ных регионов и даже Земли в целом. Разработке основ создания сети комплексных наземных станций в последние годы заняты многие ученые и научные коллективы (Герасимов, 1976; Лавренко и др., 1976; Рябчиков, Миланова, 1976). Есть основания полагать, что это приведет и к качественно новому уровню экспериментального ландшафтоведения.

\* \* \*

Таким образом, рассмотрение ландшафтоведения и ландшафтного метода с точки зрения темы нашего исследования приводит к следующим основным заключениям.

Экспериментальное ландшафтоведение — отвечающее современным запросам науки и практики направление комплексного физико-географического изучения окружающей человека среды. Оно складывается вследствие прогрессирующего развития теоретического метода, с одной стороны, и усложнения конструктивно-прикладных задач — с другой. Главное назначение этого направления — получение новых точных фактов путем испытания теоретических моделей и гипотез в конкретных условиях и в адекватной свойствам геосистем форме, внедрение научных результатов изучения геосистем в практику.

Экспериментальное ландшафтоведение формируется на стыке основной — макроскопической — ветви советской ландшафтной географии со специализованными физическим, геохимическим, биолого-экологическим микроподходами к изучению природных комплексов.

Опыт географии подтверждает, что главнейшая форма экспериментального метода в ландшафтоведении, адекватная природе геосистем, — планомерные, детальные, стационарные исследования на системе специально выбранных и оборудованных ключевых участков. Последние должны выступать в качестве натуральных моделей интересующей территории. Каждый такой участок, наподобие «пробного образца» представляет интерес не столько сам по себе, сколько как источник информации о многочисленных других геосистемах.

В современной ландшафтной географии к особо выделенным здесь положениям ближе всего стоит геотопологическая концепция. Последняя поэтому может служить отправным пунктом для дальнейшего развития экспериментального ландшафтоведения.



## Глава II

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

Рассмотренные в предыдущей главе представления о содержании современного ландшафтоведения и его методике являются исходными предпосылками для экспериментального изучения геосистем. Все же это лишь общая канва. Как вытекает из всего сказанного, при конкретном ландшафтном исследовании объектом изучения является не геосистема вообще, а геосистема определенного уровня (планетарного, регионального или топического), представленная в моносистемной форме (геомер) или полисистемной (геохора).

Собственно экспериментальному изучению доступен прежде всего элементарный геомер — физико-географическая фация. Отсюда концепция этой ландшафтной единицы одновременно является также первейшей теоретической основой экспериментального ландшафтоведения. До сих пор дробнейшие категории комплексного подразделения природной среды активно исследовались главным образом с биолого-экологических позиций, хотя определенный опыт накоплен также географами. Все же фациальный, или топический, подход в комплексной физической географии особое внимание привлекает только с перестройкой ландшафтоведения на системных принципах и усилением поиска в экспериментальном направлении, как это показано в книге «Топологические аспекты учения о геосистемах» (1974).

Концепция биогеоценоза, разработанная в советской экологии, представляет большую ценность для развития экспериментального ландшафтоведения. Тем не менее она далеко не в полной мере отражает географическую природу элементарной геосистемы. Последняя может быть понята только при выявлении функциональных и других взаимоотношений элементарного ландшафтного выдела с геомерами и геохорами остальных уровней, образующих физико-географический фон, или внешнюю среду любой фации. Поэтому для постановки экспериментов необходима исходная модель собственно ландшафтно-географического содержания.

Экспериментальное изучение фаций представляет самостоятельный интерес. Однако для географов особенно важно то,

что это — своеобразный «плацдарм» в пути к строго экспериментальному познанию всей географической иерархии природной среды, к повышению информативности региональных и планетарных ландшафтно-географических работ. Отсюда естественной составляющей частью географической топологии является углубление представлений о геосистемах остальных категорий. Сюда относится и другая задача общего порядка — интеграция данных о геомерах и геохорах, начиная с ландшафтных выделов топического уровня как исходной ступени обеих ветвей геосистемной иерархии. Конечно, изучение географической оболочки на уровне фаций не может заменить исследований регионального и планетарного плана. Поэтому в экспериментальном ландшафтоведении очень важно также выявить пределы возможностей топического подхода.

Таким образом, на данном этапе разработки теоретических основ экспериментального ландшафтоведения наиболее важное значение имеют три проблемы: развитие концепции элементарной геосистемы; поиск путей географической интеграции результатов изучения фаций; совершенствование общих моделей геосистем применительно к специфическим требованиям экспериментального подхода. Этим тесно связанным между собой проблемам посвящена настоящая глава, которую для удобства изложения целесообразно начать с рассмотрения третьей проблемы.

#### ТРИ НАЧАЛА ГЕОСИСТЕМЫ

В определениях природного географического комплекса обычно указывается, что в его состав входят следующие вещественные компоненты: горные породы, воды, воздушные массы, почвы, растительность, животные. Когда эти проявления природы рассматриваются как действующие в ландшафте силы, они называются ландшафтообразующими факторами. Кроме того, факторами называются свойства отдельных компонентов (прежде всего рельефа), а также агенты, действующие извне (солнечная радиация, гравитация, внутриземные силы и т. д.).

Для характеристики геосистемы особенно важно подчеркнуть не то, из каких компонентов она состоит и какие факторы в ней действуют, а то, какие свойства сообщают геосистеме как целому ее составляющие. С этой точки зрения геосистема представляет собой единство инертных, мобильных и биотически активных элементов окружающей человека среды, связанное с физической поверхностью Земли (рис. 2). Каждое из названных начал выполняет свои функции в создании и поддержании геосистемы как целого.



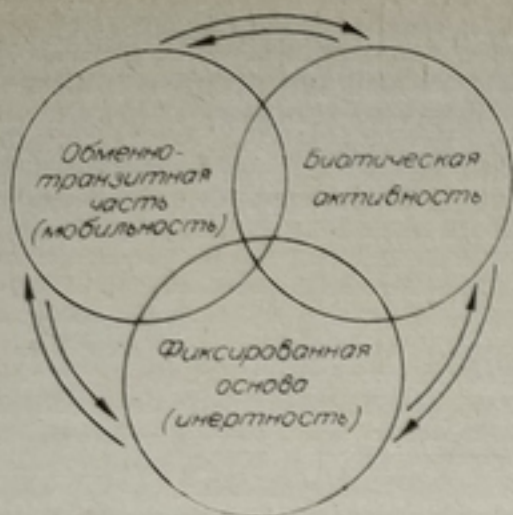


Рис. 2. Три начала геосистемы. Стрелками обозначено взаимодействие частей геосистемы.

самой геосистеме источники разных видов энергии, с другой — источником мобильности является и вещество, у которого силы молекулярного сцепления относительно слабы и которое пребывает в геосистеме в основном в виде потоков. Это главным образом воздушные и водные массы. К мобильной части принадлежат также атомы, молекулы и другие микротела остальных компонентов, мигрирующих между разными частями геосистемы.

Мобильная составляющая, таким образом, выполняет обменные и транзитные функции, связывает внутренние части геосистемы и объединяет последнюю с ее внешним окружением. Она ослабляет зависимость геосистемы от унаследованных факторов данного местоположения, постоянно размывает и передвигает пространственные границы. Сочетание инертности и мобильности придает геосистеме одновременно свойства дискретного и континуального образования, системы с «пульсирующими» во времени контурами внешних и внутренних связей.

Биота частично принадлежит обоим выше рассмотренным составляющим, но, кроме того, еще выполняет и самостоятельные функции. В фиксирующей и мобилизующей деятельности биоты помимо механических и физико-химических свойств особое значение имеют чисто биологические качества этой формы проявления материи — прежде всего высокая избирательность по отношению к внешним условиям, способность к самовоспроизведению, размножению, росту.

Именно в активности и пластичности — основная сила биоты как самостоятельной части геосистемы. Взаимодействуя с остальными компонентами, биота выступает как важнейший внутренний фактор саморегуляции, восстановления, стабилизации. Оптимальное насыщение геосистемы биотой, как свидетельствует практика, — первостепенное условие и способ для

инертное начало, к которому относятся главным образом минеральный субстрат и рельеф, выступает как «скелет» геосистемы. Оно придает ей фиксированное местоположение на земной поверхности и известную пространственную обособленность, связывая с геологическим прошлым данного участка.

Мобильность в геосистему вносят, с одной стороны, энергия Солнца и процессы, возбуждаемые силовыми полями Земли и космического пространства, а также скрытые в

успешного управления геосистемами и рационального использования сил природы, скрытых во взаимообусловленности элементов окружающей среды.

Выше было показано, что традиционный ландшафтный анализ часто берет за основу инертное, фиксированное начало природного комплекса. Особенно отчетливо такой подход проявляется в морфологии ландшафта, под сильным влиянием которого находится полевое ландшафтное картирование. Наряду с этим существует другое направление изучения ландшафта, — исходящее из его мобильной сферы, поддающейся углубленному анализу на уровне законов физики и химии. Наконец, перспективно исследование природного комплекса на основе действующих в нем биотических процессов.

Такой «моноцентризм» прослеживается также при перестройке ландшафтоведения на системной основе. Возможность и перспективность применения системных идей, экспериментальных, математических и вообще точных методов наиболее очевидна при исследовании мобильной части ландшафта. Весьма наглядно это отражается в воззрениях исследователей, склонных использовать понятие геосистемы применительно к центрированному на вещественно-энергетических потоках рассмотрению природного комплекса. Системная интерпретация природного единства, исходя из биоты как центрального организующего звена, получила воплощение в понятии экосистемы, которое также иногда объявляется носителем основного содержания геосистемы. В принципе и предмет морфологического изучения ландшафта может быть представлен в виде системных моделей, а его исследование усовершенствовано математическими методами.

Каждое из названных направлений само по себе правомерно и необходимо. Тем не менее нельзя упускать из виду общую задачу ландшафтоведения, предполагающую охват всех трех составляющих — инертной части, мобильности и биотической активности — в виде единой географической системы. В сущности без теоретического и экспериментального решения этой задачи ландшафтоведение в современной ситуации не может оправдать роль синтетической концепции окружающей среды и эффективно выполнять свои функции при разработке проблем географического прогноза, оптимизации природопользования, рациональной организации территории, охраны природы и др. Какие проблемы и принципы исследования вытекают из такого синтетического, «полицентрического» взгляда на геосистему?

В свете приведенной выше схемы (см. рис. 2) представляется, что практикуемое сейчас ранжирование факторов по значимости отражает их ландшафтообразующую роль не по отношению к геосистеме в целом, а по отношению к выполнению отдельных функций — фиксации, мобилизации и активизации.



Для первой из них главное значение имеет литогенная основа, для второй — атмосфера, влага, а также разные виды свободной энергии — солнечная радиация, гравитация и т. д., для третьей — биота. Своим существованием и развитием геосистема обязана всем трем составляющим. Поэтому главная задача нам видится не столько в подразделении ландшафтообразующих факторов на первостепенные и второстепенные, сколько в выяснении того, каким именно образом каждый из них участвует в сохранении геосистемы как целого.

Другая проблема — выявление общего характера, интенсивности и режимов перехода вещества из одной составляющей геосистемы в другую. Такая проблема поставлена в ландшафтной геохимии, и для ее решения разрабатывается целая система коэффициентов накопления, выноса, переноса (Перельман, 1975). Подобным образом ставятся вопросы при изучении балансов тепла, влаги (Григорьев, 1966) и динамики биогеоценотического метаболизма (Основы..., 1964). В последние годы появилась формулировка «природные режимы», характеризующая упорядоченность всех таких превращений. Именно отсюда, думается, надо подходить к оценке динамичности и устойчивости геосистем разного типа и иерархического уровня.

Три названных начала в разных геосистемах находятся в неодинаковых соотношениях, и это явление может быть положено в основу классификации геосистем. Фактически такой подход уже находит отражение при выделении трех главных категорий геосистем — наземных, подводных и надводных, различаемых всеми исследователями. Дальнейший шаг в этом направлении делает Г. Д. Рихтер (1975), разрабатывающий схему ландшафтной классификации, основанную на учете постоянства и сезонной изменчивости вертикального строения природных комплексов. По существу, таким образом, принимаются во внимание свойственные геосистемам режимы взаимодействия инертной, мобильной и биотически активной составляющих. В порядке еще большей детализации этого принципа можно подойти к установлению критериев выделения геосистем разных динамических категорий, например коренной, мнимокоренной, серийной (Крауклис, 1974а, 1976б).

Представленная на рис. 2 схема способствует пониманию природы дискретности (обособленности) и континуальности (слитности с окружением), свойственных ландшафтными единицам. В последние годы эта проблема, уже поставленная в ландшафтной географии (Lautensach, 1938), сформулирована на новом уровне В. С. Преображенским (1972), Д. Л. Армандом (1975), Э. Неефом (1974), В. Б. Сочавой (1967) и другими исследователями. Однако, как правило, соотношение дискретности и континуальности рассматривается преимущественно сквозь «призму» картографических границ, фиксирующих в основном статику геосистем. Выдвижение взгляда на геосис-

тему как единство инертного, мобильного и активного начал предполагает решение проблемы на более общих основаниях — исходя из функционирования геосистем, взаимосвязей между их внутренним и внешним окружением, вызывающих непрерывное колебание границ.

Таким образом, при изучении геосистем так же, как в прежнем ландшафтоведении, сохраняет силу представление об объективной территориальной дифференцированности окружающей человека среды, локализованности этих подразделений и обособленности их от внешнего окружения (среды — в системной терминологии), причем не только в пространственном, но и в функциональном отношении. Однако это положение не имеет абсолютного смысла.

Во-первых, не все, что расположено внутри пространственных границ данной геосистемы, является элементом ее содержания. Так, любая геосистема пронизана потоками солнечной энергии, силовыми полями Земли и космического пространства. Но эти мобилизующие элементы принадлежат совсем иным системам и по отношению к геосистемам являются внешними факторами. Внешние факторы, а не внутренние принадлежность геосистем — специфические общественные процессы, производственные отношения, политика и т. п. Во-вторых, постоянное присутствие транзитной и обменной материи внутри геосистемы сообщает последней слитность с внешним окружением. Поэтому при выделении геосистемы, проведении ее границ всегда встает вопрос о степени ее локализованности и функциональной обособленности, замкнутости от внешнего окружения.

Конкретное изучение и поиск критериев оценки геосистем с точки зрения их обособленности и слитности с окружением, выяснение зависимостей между их функциональной замкнутостью и степенью локализованности на территории — одна из важнейших задач, вытекающих из вышеизложенного представления о геосистемах. В этом плане необходимо сравнительное исследование геосистем разных иерархических уровней и различных динамических категорий одного уровня. Решение такой задачи нужно для перехода от формально-классификационного рассмотрения территориальной дифференциации и локализации ландшафтных подразделений, господствующего до сих пор, к функциональному объяснению многоуровневой ландшафтной мозаики Земли. Дальнейший шаг — составление наряду с обычными ландшафтными картами, отражающими состояние окружающей человека среды на данный момент, прогнозных карт геосистем будущего (Сочава, 1974).

Пожалуй, наибольшие трудности при анализе динамики создает характерное для геосистем сложное сплетение внешних и внутренних факторов, многократное «преломление» при-



ходящих извне импульсов внутрисистемными связями, продолжительные разветвленные цепи всевозможных последствий. Изучение на функциональных основаниях иерархии геосистем, их локализации и временной организации — необходимые предпосылки для постановки задач в каждом конкретном случае в достаточно обозримом и доступном решении виде.

До сих пор нами рассматривались составляющие геосистемы только как проявления природы. Но эти составляющие могут быть не только чисто природными образованиями, но также их антропогенными модификациями и даже искусственными материальными объектами, созданными человеком. Инертность, мобильность, биотическая активность свойственны тем и другим. Развиваемое здесь представление предполагает изучение привнесенных человеком элементов в связи с природной основой геосистемы, но, разумеется, лишь в той мере, в какой такое сложное явление вообще доступно исследованию естественнонаучными категориями.

Таким образом, принципиальная схема геосистемы, данная на рис. 2, в большей степени соответствует современной постановке проблемы «общество — природа», чем традиционное для географии резкое подразделение окружающей среды на естественную и антропогенную составляющие. Вместе с тем эта схема указывает и те логические основания, на которых изучение взаимодействия природы и общества в рамках физической географии может быть поднято на новый уровень.

### ГЕОСИСТЕМЫ И ЗЕМНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

В изображенной на рис. 2 схеме не подчеркнута одна важная особенность, а именно: рассмотренные составляющие геосистемы взаимодействуют не только друг с другом, но, кроме того, и с земной поверхностью. Последняя при этом играет весьма существенную роль — она выступает как главнейший фактор, «сталкивающий» и «фокусирующий» разнородные силы, действующие в геосистемах. В целом можно сказать, что взаимосвязи между компонентами геосистемы опосредованы физической поверхностью Земли.

Земной поверхностью обусловлено местоположение геосистемы — одна из важнейших географических характеристик. А. А. Григорьев (1965, с. 89) писал, что особенности каждого ландшафта являются «функцией географического положения, т. е., с одной стороны, широты, долготы и высоты места, а с другой — основных свойств географической среды соседних, а нередко также и весьма удаленных (от исследуемой) частей поверхности земного шара...». Э. Нееф (1974, с. 29) подчеркивает, что «все географические явления привязаны к неким географическим местностям, которые обособляются через пос-

редство своего положения и в особенности через посредство связей этого местоположения с соседними местностями и областями». Местоположение природного комплекса на земной поверхности и связи между местоположениями оба упомянутых ученых называют хорологическим фактором.

Э. Нееф также отмечает, что любая ландшафтная единица имеет две характеристики — местоположение и содержание. К этому можно добавить, что первая из них выдвигается на первый план при рассмотрении пространственных композиций, или геохор, вторая — при анализе геомеров, или компонентных геосистем. Но одно невозможно без другого, так как физическая поверхность Земли объединяет обе формы проявления геосистемы. С. Д. Муравейский (1948) подчеркнул, что географические процессы развиваются не только на поверхности Земли, но и на расстоянии от нее. Но интегрирующими факторами они становятся только у земной поверхности.

Физическая поверхность Земли, таким образом, особенно важный географический фактор. Это в явном и скрытом виде отражено в исследовательских принципах географии. Например, иногда предмет географии формулируется как изучение поверхности Земли (Калесник, 1947; Марков и др., 1973; Нееф, 1974). Конечно, при этом имеется в виду не поверхность в буквальном смысле слова, а слой — географическая оболочка. Но таким обозначением подчеркивается, что физическая поверхность Земли — первичное организующее звено в географической оболочке.

Компоненты последней (твердый субстрат, воздушные и водные массы биота) в таком случае можно обозначить словом «эпигены» (Аболин, 1914).

Это обозначение подчеркивает, что речь идет об образованиях, которые по отношению к физической поверхности Земли находятся «после», «возле» и «в связи». Совокупность всех соприкасающихся под влиянием земной поверхности как «универсального интегрирующего фактора» (Раман, 1972) эпигенов можно назвать эпигенетическим комплексом.

Представления о предмете географии, выражающиеся как в постановке вопросов исследования, так и в оценке географичности той или иной работы, изображены на рис. 3 в виде упрощенной схемы. Согласно схеме, геосистема — это система отношений: физическая поверхность Земли — совокупность взаимопроникающих и взаимодействующих под ее влиянием элементов эпигенетического комплекса. Данная система существует благодаря энергии, поступающей из внешних источников (космических и теллурических) и перерабатываемой геосистемой.

В процессе своего функционирования геосистема не только поглощает приходящую извне энергию, но также выделяет ее в среду своего существования — космическое пространство



Таблица 1

Отношение площади некоторых природных подразделений к площади Земли

Природные комплексы	$Ra/Ga$	$G = \lg Ga/Ra$
Географическая оболочка . . . . .	1	0
Ландшафтная область . . . . .	$10^{-2} - 10^{-3}$	2—3
Ландшафт . . . . .	$10^{-4} - 10^{-5}$	4—5
Выдел фации . . . . .	$10^{-10} - 10^{-13}$	10—13
Внутрифациальные подразделения	Меньше $10^{-13}$	Больше 13

и внутриземные сферы. Этот обмен между геосистемой и ее средой, с одной стороны, является важным фактором эволюции Земли и ближнего космоса, а с другой — определяет свойства географической оболочки как самостоятельного структурно-функционального и естественноисторического образования.

Учитывая все сказанное, не лишено оснований предложение использовать величину земной поверхности в качестве естественной единицы для географических измерений (Хаггетт, 1968; Нееф, 1974). В качестве иллюстрации в табл. 1 приведены размеры некоторых физико-географических единиц, выраженные в виде отношения площади данного подразделения ( $Ra$ ) к общей площади Земли ( $Ga$ ) и единицах  $G$ , где  $G$  — логарифм отношения площади Земли к площади исследуемой геосистемы. Эти показатели, предложенные П. Хаггеттом, вычислены по некоторым картографическим материалам (Сочава, Тимофеев, 1968; Ряшин, 1966), а также по приведенным далее в настоящей работе ландшафтным картам и планам, составленным автором.

В общем, чем выше иерархическая ступень геосистемы, тем больше ее площадь. Однако размеры ландшафтных единиц одинакового уровня могут колебаться в очень широких пределах, да и при проведении границ физико-географических комплексов и определении их ранга очень много условного. Величины  $Ra/Ga$  и  $G$  сами по себе говорят мало о чем. В качестве измерительных единиц они смогут служить при условии, если будут обнаружены определенные зависимости между площадью и существенными качественными и количественными характеристиками геосистем.

В каких направлениях должен идти анализ взаимосвязи между эпигенетическим комплексом и физической поверхностью Земли?

В первую очередь, это изучение закономерностей качественного и количественного изменения эпигенетического комплекса по мере удаления от физической поверхности Зем.

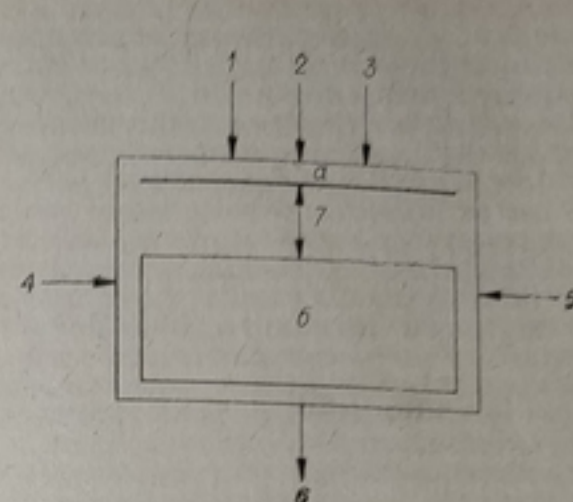


Рис. 3. Общая схема геосистемы.

Внутренние элементы:  $a$  — физическая поверхность Земли;  $b$  — совокупность эпигенетических компонентов. Главнейшие факторы внешней среды: 1 — гравитация; 2 — солнечная радиация; 3 — вращение Земли; 4 — внутриземная энергия; 5 — остальные; 6 — отдача энергии и вещества во внутриземные части Земли и в космос. Внутренние связи: 7 — ландшафтная интеграция, дифференциация, иерархия.

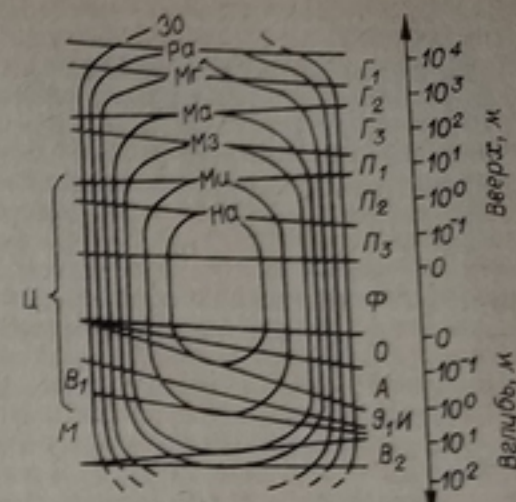


Рис. 4. Вертикальная протяженность ландшафтных единиц различного ранга (по Бялловичу, 1947).

Ландшафтные единицы (хоры): На — нанохора; Ми — микрохора; Мз — мезохора; Ма — макрохора; Мг — мегахора; Ра — географический район; Зо — подзона. Горизонты: Г — свободной тропосферы (Г<sub>1</sub> — верхний, Г<sub>2</sub> — средний, Г<sub>3</sub> — нижний); П — возмущения (П<sub>1</sub> — верхний, П<sub>2</sub> — средний, П<sub>3</sub> — нижний); Ф — фотосинтез; О — подстилки; А, Э, И — почвы; В — подземных вод (В<sub>1</sub> — почвенных, В<sub>2</sub> — грунтовых); М — подстилающей породы; Ц — центральные горизонты.

ли и в зависимости от площади геосистем. Другая задача, тесно связанная с первой, — выявление закономерностей изменения эпигенетического комплекса вдоль земной поверхности. Иными словами, речь идет об исследовании вертикального и горизонтального строения географической оболочки, взаимной обусловленности изменения геосистем по обоим направлениям и проявление этой связи в иерархии геосистем.

Третья задача — вскрытие механизмов «преломления» внутренних и внешних факторов, действующих на геосистемы, земной поверхностью, выявление процессов передвижения вещества и энергии по вертикали и горизонтали, взаимопроникновения и взаимных превращений компонентов эпигенетического комплекса, закономерностей смены состояний геосистем и локализации этих состояний на поверхности Земли. В таком смысле представление о центральной внутренней связи геосистем фактически сливается с понятием интегрального физико-географического процесса, теория которого разрабатывалась А. А. Григорьевым (1966).

Не подлежит сомнению, что ландшафтная карта весьма плодотворна для решения этих задач. Она в высшей мере созвучна основному географическому принципу — рассматривать содержание явлений в их преломлении через земную поверхность. Но в проекции на поверхность геосистемы



представляется в уплощенном виде, как бы без вертикальной составляющей. Последняя, как правило, привлекает немного внимания также при ландшафтном описании территории и анализе ландшафтных связей. Специальное изучение вертикальной стратификации велось фактически только отраслевыми науками. Конкретных исследований, выполнявшихся на ландшафтной основе, почти нет. Отсюда идет некоторая «упрощенность» представлений о структуре и динамике географической оболочки, в особенности по части иерархии ландшафтных единиц.

Между тем географическая оболочка, как известно, неоднородна в вертикальном направлении.

С биолого-экологической точки зрения в ее пределах выделяются почти совпадающие в своих границах фитогеосфера (Лавренко, 1949) и биогеоценотический покров (Основы..., 1964). Это слой толщиной в несколько или десятков метров, где сосредоточена основная масса живого и где протекают наиболее важные взаимодействия между органической и косной материей.

Подобный «средний слой географической оболочки, ее биологический фокус, зона прямого соприкосновения и активного взаимодействия литосферы, атмосферы и гидросферы» выделяется Ф. Н. Мильковым (1959, цит. по Милькову: 1970б, с. 95—96) как «ландшафтная сфера». Автор сюда включает кору выветривания, почву, растительность, животные организмы и приземные слои воздуха. Однако термин в таком понимании не прижился и чаще всего используется в качестве синонима к обозначению «географическая оболочка» (например, Ефремов, 1959).

Среди ландшафтоведов не нашло должного отклика и предложение, сформулированное Ю. П. Бяловичем (1947). На рис. 4 воспроизведена схема, взятая из этой работы и отражающая суть дела: ландшафтные подразделения («хоры», по Бяловичу) разного ранга имеют неодинаковую вертикальную протяженность. Автор это обосновывает так. Сложность и интенсивность процессов взаимодействия убывают от центральных хорогоризонтов к периферии географической оболочки. Это приводит к тому, что в таком же направлении уменьшаются встречаемость и резкость географических границ.

Вертикальную мощность геосистем некоторых категорий В. Б. Сочава (1974, с. 11) приближенно оценивает следующими величинами: фация порядка 0,02—0,05 км, ландшафт (макрогеохора) в среднем 1,5—2,0, границы между провинциями прослеживаются в слое 3—5, между ландшафтными поясами — от 8—10 до 16—18 км. Вся географическая оболочка занимает 20—25 км. В таких оценках много сугубо предположительного и неопределенного, поскольку пока нет

комплексных данных и даже теоретически достаточно четко разработанных критериев для установления верхней и в особенности нижней границы геосистем разных иерархических ступеней. Это пока весьма сложная задача комплексных экспериментальных исследований.

В свете всего изложенного несомненно, что для понимания структуры и динамики геосистем всех уровней особый интерес представляет именно средний, или центральный, слой географической оболочки — самый расчлененный и отличающийся наибольшей насыщенностью живым веществом, взаимным переплетением компонентов и количеством деятельных поверхностей. Поскольку он совпадает с той толщей, где прослеживаются границы между выделами фаций, или топоми, он назван нами «сферой топов» (Крауклис, 1974). Это, таким образом, та часть Земли, где в наиболее концентрированном виде проявляется специфическое качество географической оболочки. Это — функциональное ядро последней, в отличие от которого периферийные слои выполняют главным образом передаточные функции, соединяя между собой геосистемы, а также географическую оболочку с ее внешним окружением.

В сфере топов — истоки физико-географического процесса. Представление о нем А. А. Григорьев сформулировал исходя из глобальной целостности географической оболочки. Однако объяснение этого процесса надо искать в «недрах» системной организации географической оболочки, на уровне элементарных ландшафтных единиц — фаций.

Из всего сказанного вытекает такое принципиальное обоснование трех уровней географических исследований планетарного, регионального и топического. Первый предполагает рассмотрение географической оболочки исходя из ее глобальной целостности, второй — из сопряженности тел и явлений в пределах региона, третий — из взаимообусловленности элементов земной природы в отдельном географическом «пункте», которым является элементарный, далее неделимый по ландшафтным критериям ареал — выдел фации, биогеоценоз, или топ. Соответственно узловыми ступенями в географической иерархии являются элементарный ландшафтный ареал, наименьший регион, наибольший регион и географическая оболочка (см. рис. 1).

Первый и последний ранги в принципе не требуют особых пояснений. Мнение о ландшафте как наименьшем регионе в значительной мере утвердилось.

Столь определенного мнения нет относительно наибольшего региона. В схеме В. Б. Сочавы это место занимает физико-географическая область, или страна, по терминологии большинства других исследователей. Более крупные единицы в работах по «районной географии» (Марков, 1972) фактиче-



ски не исследуются, они обычно фигурируют в трудах по общему землеведению. Нам представляется, что в этой практике нашло своеобразное отражение различие между специфическими качествами планетарных и региональных категорий.

Гораздо меньше данных для обоснования узловых единиц во второй, геомерной, ветви иерархии, потому что эта сторона проявления геосистем изучалась значительно меньше, чем пространственные композиции. Все же, думается, показанные на рис. 1 представления могут быть приняты в качестве основы для дальнейших эмпирических классификаций и теоретических построений, тем более что они уже нашли применение в некоторых обобщающих работах — на обзорных ландшафтных картах (Сочава и др., 1966; Ландшафты юга Восточной Сибири, 1974).

Из представления о неодинаковой вертикальной протяженности геосистем разного ранга вытекает, что в зависимости от географического уровня меняются их внутреннее содержание и внешняя среда и не остается постоянным также соотношение между функциональной обособленностью геосистемы и ее слитностью с окружением. Так, геосистема самого высокого уровня — географическая оболочка — является системой в значительной мере замкнутой. Со своим земным и космическим окружением она имеет в основном энергетические связи (поступление солнечной радиации и энергии разных силовых полей), интенсивность миграции вещества через ее границы незначительна. Для геосистем более низкого уровня — ландшафтных регионов — окружением являются, кроме того, еще и стальные части географической оболочки, а внешними факторами наряду с отмеченными выше отчасти становятся все мобильные элементы.

В целом чем ниже географический уровень и соответственно чем уже пространственные пределы геосистемы, тем больше явлений, принадлежащих самой географической оболочке, становятся для данной геосистемы в той или иной мере внешними факторами и тем меньше ее функциональная обособленность. Наиболее пронизаны транзитными и обменными потоками и, стало быть, наименее замкнуты элементарные геосистемы — фации. В силу большого «давления» со стороны внешнего окружения они являются самыми динамичными и изменчивыми ландшафтными единицами.

Выше шла речь о земной поверхности главным образом как о факторе, определяющем пространственные свойства геосистем. Но здесь уместно подчеркнуть, что она имеет самое непосредственное отношение также к временной организации географической оболочки. Первостепенное значение в этом отношении имеет вращение Земли. Это — главный источник временных связей в географической оболочке, основной фактор, определяющий характер и форму упорядоченности со-

вершающихся в геосистемах явлений. Вращение Земли наряду с производной от него сферичностью земной поверхности — первичная причина также пространственной дифференцированности географической оболочки, а отсюда — также горизонтальных и вертикальных связей между ее частями.

Как видим, исходная основа пространственного и временного разнообразия и порядка одна и та же. В результате географическая оболочка проявляется как пространственно-временная структура. Но, конечно, эта структура чрезвычайно осложнена разнородностью эпигенетического комплекса Земли и исключительной многогранностью свойственных ему внутренних и внешних связей.

Наиболее осложнена «сквозная» планетарная пространственно-временная структура географической оболочки в геосистемах топического порядка. Специфические свойства геосистем этого уровня в гораздо большей мере обусловлены эпигенетическим комплексом, чем первичными географическими воздействиями земной поверхности. Последняя, однако, превалирует в центральной внутренней связи геосистем планетарного уровня. В региональных же масштабах обе стороны в известной степени уравновешены.

Таковы некоторые из важнейших соображений, касающихся роли физической поверхности Земли в геосистемах. Учет земной поверхности как основного организующего фактора должен быть неременным требованием при изучении геосистем, постановке экспериментальных ландшафтных исследований, использовании и развитии тех теоретических и методических идей, которые приносят новые течения в географию.

#### ЛОКАЛЬНЫЕ КОНТРАСТЫ

Переходя после этих общих замечаний к более конкретным вопросам, уместно обратить внимание на деление ландшафтоведами природных комплексов на две категории — таксономические единицы физико-географического районирования и морфологические, или внутриландшафтные, единицы. В литературе, ссылки на которую уже приводились в предыдущей главе, обоснованию такого деления отведено не много места. Тем не менее не все исследователи признают его состоятельным.

Например, Н. И. Михайлов (1960, с. 35) писал, что «по своей сущности и урочища, и фации принципиально ничем не отличаются от более крупных физико-географических комплексов, служащих объектами комплексного физико-географического районирования». С автором можно согласиться в том, что внутриландшафтные подразделения имеют принципиальную общность с остальными таксономическими рангами в том смысле, что все они — ландшафтные объекты. Все же



практика исследований ландшафта — не только морфологическое, но и геотопологическое — убеждает, что перед нами комплексы, которые как таковые «неполноценны» с точки зрения критериев региональной физической географии. Лучше всего это подтверждает тот факт, что результаты экспериментально-стационарного изучения фации порождают проблему, которую можно назвать выходом с топического, фациального уровня на ландшафтный, региональный (Крауклис, 1967; 1969а; Южная тайга Прииртышья, 1975; Изучение степных геосистем во времени, 1976; и др.).

Такая задача не может быть решена без специального исследования особенностей локальных, или топических, географических структур. Результаты планетарно- и регионально-географических исследований справедливы для обширных пространств в целом. Эта обзорная информация оторвана от географических мест и местностей. Геотопология восполняет этот пробел и вместе с тем фиксирует ряд закономерностей, остающихся вне поля зрения при планетарном и региональном подходах. Для более подробного рассмотрения проблемы целесообразно сделать некоторые сравнения данных о контрастности природной среды, получаемых при исследованиях разных масштабов.

Географы, как известно, в своих обобщениях исходят из данных по распределению на земной поверхности природных явлений или отдельных их признаков. В региональных и тем более планетарно-географических работах отмечаются наиболее общие тенденции: широтно-зональные, долготно-секторные, высотно-поясные и т. п. Многочисленные локальные отклонения обычно рассматриваются как «шум», заслоняющий общую закономерность. Отсюда одна из задач традиционных географических исследований — снятие этого локального шума «сглаживанием» исходных данных. Примерами такого «сглаженного» отображения природной среды являются сильно генерализованные обзорные тематические карты, или (если исходные данные удовлетворяют определенным требованиям математической статистики) вычисленные трендовые поверхности, или линейные тренды (Хаггет, 1968) регионального значения.

В таком смысле геотопологические исследования имеют дело как бы с «остаточной» информацией, «деталью», которые полностью или частично выпадают из географических характеристик после «сглаживания» данных, производимого, сообразуясь с крупными региональными единицами.

Что, однако, представляют собой эти детали? Приведем следующий пример. Как известно, характерное свойство таежных ландшафтов — ограниченное количество тепла. Количественные значения одного из важных показателей теплообеспеченности — суммы активных температур воздуха —

здесь составляют от близких к  $0^\circ$  величин около северной границы зоны до  $1600\text{--}1800^\circ$  у южной.

На фоне зонально-регионального изменения этой величины наблюдаются значительные локальные вариации. Напри- стационара на расстоянии около 0,5 км и разности высот рельефа 40—50 м сумма температур за период с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше  $10^\circ$  колеблется от  $1200\text{--}1300$  (в долине местной гидросети) до  $1400\text{--}1500^\circ$  (на вершине водораздела) (Кремер, 1975). Судя по обзорной карте (Климатический атлас СССР, 1960), приблизительно такова же разница по данному показателю между среднесибирскими среднетаежными ландшафтами на водоразделе между Средней и Нижней Тунгуской ниже средних течений этих рек и южнотаежными в Приангарье.

В целом в тайге Средней Сибири возрастание суммы активных температур с севера на юг измеряется величинами порядка  $70\text{--}90^\circ$  на 100 км. В то же время в пределах одного склона в местности с умеренно расчлененным местным рельефом этот градиент достигает  $20\text{--}50^\circ$  на 100 м, т. е. он во многие сотни раз больше, чем в первом случае. Как видим, отклонения от фоновой тенденции в данном случае отнюдь не деталь по меньшей мере с количественной точки зрения.

Рассмотрим также другие примеры по Средне-Сибирской физико-географической области. По обзорным тематическим картам здесь довольно отчетливо прослеживается постепенное изменение многих природных условий по двум направлениям: с юга на север и с запада на восток.

В целом по профилю длиной 1700 км, начинающемуся в лесостепных местностях Канской котловины и кончающемуся на границе Таймырской тундры, убывание значений среднесуточных температур января и июля составляет меньше  $1^\circ$  на 100 км расстояния (средние градиенты  $0,8 \cdot 10^{-3}$  и  $0,4 \cdot 10^{-3}$  град на 100 м). Очень невелико зональное уменьшение длительности безморозного периода — около двух дней на 100 км ( $1,8 \cdot 10^{-3}$  на 100 м). Величинами такого же порядка характеризуется секторное изменение рассматриваемых показателей по направлению от западной окраины области (темнохвойно-таежных приенисейских районов с относительно ослабленной континентальностью климата) до ее восточной периферии (горных лиственничных лесов в резко континентальной области, расположенной к северу от Байкала): на этом отрезке около 1200 км средние градиенты по температуре воздуха составляют  $0,8 \cdot 10^{-3}$  град на 100 м в январе и  $0,2 \cdot 10^{-3}$  в июле; по длительности безморозного периода —  $2,9 \cdot 10^{-3}$  дней на 100 м.

На 1—2 порядка выше градиенты в региональной системе высотной поясности. По профилю, проведенному от лесосте-



пей предгорных котловин до наиболее высоких гольцов Саянских гор (разность высот 2600 м, расстояние до горизонта 150 км), например, видны такие изменения.

Общая крутизна этого макросклона составляет около 17—18‰ (т. е. 17—18 м на 1 км). Среднемесячная температура января понижается от его подножия по направлению к вершине приблизительно на 1° в расчете на 100 км расстояния ( $1,0 \cdot 10^{-3}$  на 100 м) или ориентировочно на 0,7—0,8° в расчете на 1 км высоты ( $0,8 \cdot 10^{-1}$  на 100 м). Гораздо резче различия в июле, когда градиенты достигают 7° на 100 км расстояния ( $7,0 \cdot 10^{-3}$  на 100 м) и 4° на 1 км высоты (0,4 на 100 м).

Наибольшие относительные перепады температуры воздуха наблюдаются в пределах локальных систем. Возьмем для примера уже упомянутый «рядовой» для Нижнего Приангарья склон, соединяющий вершину траппового холма с днищем небольшой местной долины покрытым разными сообществами кедрово-пихтовой тайги.

Он не относится ни к категории крутых, ни очень выположенных, ни самых длинных, ни наиболее коротких. Однако по сравнению с общим уклоном северного макросклона Саян уклон этого «рядового» элемента местного рельефа очень большой: 90‰, т. е. 90 м в расчете на 1 км расстояния.

Многие показатели изменяются в зависимости от положения пункта наблюдения в местном рельефе. К показателям этого рода относятся и рассматриваемые здесь температурные характеристики. Коэффициенты корреляции между ними и расстоянием от подножия (как по горизонтали, так и по вертикали) очень высоки — 0,8—0,9 и даже выше. Это свидетельствует о наличии весьма отчетливой пространственной тенденции локального значения.

Средняя месячная температура воздуха в январе повышается от подножия склона к его вершине на 0,9—0,6°, в июле — около 0,3° на 100 м расстояния по горизонтали. Градиенты на 100 м высоты составляют соответственно 6,2 и 3,6°. Возрастание продолжительности безморозного периода в том же направлении составляет 9,3 дня в расчете на 100 м расстояния и 103,3 дня — на 100 м высоты. При этом на местном склоне по сравнению с макросклоном градиенты имеют противоположный знак: если в региональной системе рельефа теплообеспеченность убывает от подножия гор к их вершинам, то в локальной системе, наоборот, подножия холмов оказываются более холодными по сравнению с вершинами.

Таким образом, количественные значения градиентов в рамках локальных географических градиентов могут быть в сотни и даже тысячи раз больше, чем в градиентах регионального значения, где прослеживаются такие общие географические тенденции, как зональность, секторность, высотная поясность.

Таблица 2  
Пределы варьирования некоторых показателей на склоне траппового холма (Нижнее Приангарье, 1971 г., средние за июнь, июль, август данные)\*

Показатель	Максимум	Минимум	Разность
Запас надземной биомассы, т/га . . . . .	221,1	119,2	101,9
Среднее содержание гумуса в верхнем 20-сантиметровом слое почвы, % . . . . .	3,2	1,5	1,7
Запас почвенной влаги в верхнем 20-сантиметровом слое, мм . . . . .	123,14	85,14	38,00
Температура почвы на глубине 20 см . . . . .	9,0	3,0	6,0
Суточные минимумы температуры воздуха . . . . .	11,0	7,5	3,5
Суточные максимумы температуры воздуха . . . . .	19,8	19,5	0,3
Суммарная радиация под пологом леса (безоблачные дни, полдень, кал/см <sup>2</sup> ·мин)	0,44	0,09	0,35

\* Использованы данные, полученные Г. Н. Григорьевым, Э. М. Злобной, Л. К. Кремер, Т. И. Стрижак, Г. П. Топорковой, А. И. Щетниковым.

Показанная на примере термики воздуха особенность прослеживается также в полях многих других показателей. Например, в табл. 2 представлен диапазон варьирования некоторых данных по 10 пробным площадям, расположенным на том же склоне, к которому относятся приведенные выше величины. Вполне очевидно, что местные разности даже в абсолютных числах весьма значительны и не уступают тем, которые существуют между удаленными друг от друга ландшафтами. Если же брать не абсолютные величины, а относительные, т. е. градиенты, то локальные различия по сравнению с региональными можно в полном смысле слова назвать контрастами.

Зонально-региональные тенденции образуют фон, изменение которого заметно только на расстояниях многих десятков и сотен километров. В более узких пределах изменение фона практически незаметно, и фоновые величины отдельных показателей удобно использовать в качестве начала отсчета при оценке и анализе внутри ландшафтных контрастов (Крауклис, 1967, 1969а).

Ю. П. Бяллович (1947, 1973а, 1973б), а также некоторые другие исследователи, высказывают мысль: чем больше различие между смежными ландшафтными единицами, тем более интенсивен перенос вещества и энергии между ними и более сильны горизонтальные связи. А если это так, то самая тесная пространственно-функциональная сопряженность у геосистем именно топического уровня. Значит, элементарные ландшафтные ареалы зависят от смежных с ним геосистем этого же ранга намного сильнее, чем смежные региональные единицы влияют друг на друга.

Это обстоятельство, безусловно, не может не сказаться и на внутреннем строении фаций, их природных режимах



и других свойствах. В целом можно сказать, что сфера топов — это сфера самых динамичных ландшафтных образований. Отсюда вытекает и основная структурно-динамическая специфика геосистем топоческого уровня.

Здесь нет надобности специально останавливаться на том общеизвестном факте, что приземный слой географической оболочки — это место также наиболее высоких вертикальных градиентов. Отметим только, что латеральные и радиальные градиенты в некоторой мере взаимообусловлены и усиливают друг друга. Соответственно их совместное действие усиливает также интенсивность протекающих в фациях процессов.

Заклячая раздел о локальных контрастах, нельзя не задаться еще одним вопросом. Существуют ли сколько-нибудь определенные взаимозависимости между варьирующими в пределах одной местности признаками? И если они существуют, то сходны ли они с теми связями, которые прослеживаются при варьировании тех же признаков на обширных пространствах.

Здесь только отметим, что связи между меняющимися от места к месту показателями внутри локального пространства существуют, но они далеко не всегда совпадают с фоновыми взаимозависимостями, как это уже отмечено при рассмотрении температуры воздуха.

Вместе с тем локальные контрасты и местные связи зависят от фоновых условий. Поэтому изучение и объяснение общих закономерностей локального уровня, взятых в отдельности, и в связи с фоновыми трендами — другая важнейшая задача геотопологии. Начальным этапом выявления и систематизации такого рода связей являются картографирование и классификация внутриландшафтных геосистем.

#### ЛАНДШАФТНАЯ ФАЦИЯ КАК ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ГЕОСИСТЕМА

Для рассмотрения локальной контрастности в аспекте классификации территории приведем некоторые материалы ландшафтного картографирования и районирования. Сначала дадим пример выделения урочищ и местностей — единиц, наиболее часто используемых для характеристики морфологического разнообразия ландшафта.

В. А. Ряшин (1966) разработал схему ландшафтного районирования таежного юга Средней Сибири, в которой выделено 17 округов. Более подробно остановимся на двух из этих округов — Нижнеангарском и Чуно-Бирюсинском. Нижнеангарский округ — это южнотаежный с горно-таежными элементами ландшафт внутриконтинентальной структурно-денудационной возвышенности, Чуно-Бирюсинский — южнотаежный с элементами подтайги ландшафт внутрикон-

тинентальной эрозионно-холмистой возвышенности (Крауклис, 1969а). Крупномасштабное тематическое картографирование проводилось на ключевом участке, расположенном на стыке обоих округов (рис. 5).

На участке около 600 км<sup>2</sup> отмечено 23 разновидности ландшафтных урочищ. В среднем на урочище приходится 3,24 км<sup>2</sup>, т. е. через 1,5—2 км проходит граница урочища. Каждый выдел составляет, таким образом, 0,6·10<sup>-9</sup> от земной поверхности. Кроме того, внутри ландшафтов могут быть выделены определенные пространственные группировки урочищ — местности (рис. 6). Величина этих единиц порядка нескольких десятков и сотен квадратных километров (10<sup>-7</sup>—10<sup>-6</sup> от площади земной поверхности).

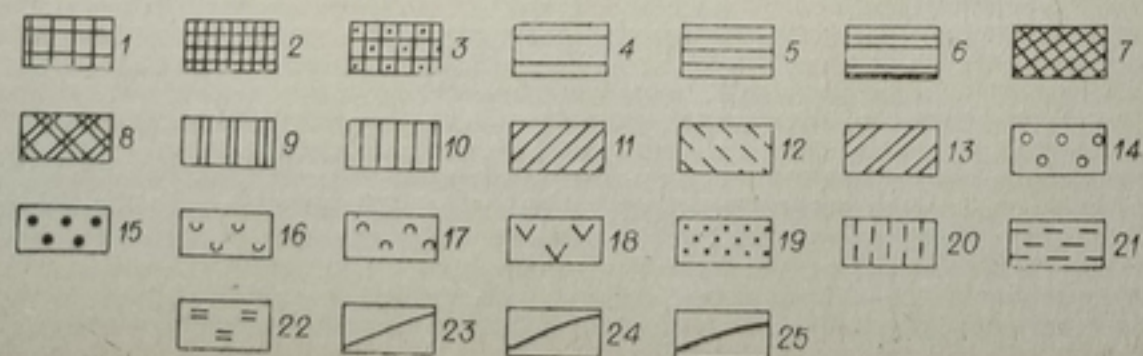
Такие карты, составленные по материалам полевых наблюдений, детализируют и заполняют комплексным содержанием схемы физико-географического районирования, создаваемые обычно камеральным путем. Собственно на это до сих пор главным образом и ориентировалась основная ветвь советского ландшафтоведения, особенно морфология ландшафта.

Геотопология, как уже было сказано, основывается прежде всего на изучении фаций, образующих урочища и местности. Однако описание морфологии и «микрорайонирование» территории при этом не являются главной целью. Эта работа подчинена другой задаче — исследованию динамики геосистем и выявлению общих закономерностей упорядоченности явлений в рамках локальных градаций земной поверхности. При этом понятие «фации» приобретает смысл, выходящий за представления, разработанные в морфологии ландшафта.

Так, в работах по морфологии ландшафта отмечено, что выделение фаций на местности никаких трудностей не представляет (Анненская и др., 1963). Считается, что на всем протяжении фации сохраняются одинаковые литология поверхностных пород, характер рельефа и увлажнения, микроклимат, почвенная разность и биоценоз. Самым главным свойством фации как морфологической единицы ландшафта, таким образом, считается однородность признаков, присущих слагающим ее компонентам. Вместе с тем предполагается, что между этими признаками имеются определенная взаимосвязь и взаимообусловленность.

Уместно, однако, обратить внимание на то, что чаще всего фации (а также и другие ландшафтные подразделения) рассматриваются как картографические единицы. Такой подход предполагает некоторую генерализацию, и это часто приводит к игнорированию некоторых весьма существенных для понимания природы фации различий внутри картографических выделов. Например, при закладке экспериментальных участков (пробных площадей) обнаруживается, что обычно внутри «картографических» фаций имеются «типичные»





и «нетипичные» части, причем различия между теми и другими нередко бывают вполне значимыми даже с точки зрения вышеприведенной дефиниции.

Хотя фация считается «естественным» однородным подразделением природной среды, фактически степень ее однородности определяется детальностью классификаций отдельных компонентов. При этом площади, на которых локализуются рельефа и других компонентов, как правило, неодинаковы по величине и часто имеют разную конфигурацию.

Чтобы карта фаций не стала лишь схематическим совмещением разнообразных данных, а содержала в себе новую

Рис. 5. Ландшафтная карта территории Приангарского таежного стационара.

#### А. Междуречные урочища

I. Слабоденудированные равнинные междуречья. Водоразделы: 1 — суглинистые морфного ряда; 2 — суглинистые с преобладанием полу- и мнимокоренных фаций субгидроморфного ряда; 3 — щебнисто-суглинистые плоскозападные с фациями лимнокоренных фаций основного и промежуточного субгидроморфных рядов; 4 — пологонаклонные с преобладанием мнимокоренных фаций основного и промежуточного субгидроморфных рядов; 5 — низинных субгидроморфного, субстагниозного рядов, полусерийных субкриоморфных и серийных криогидроморфных; 6 — брошенные траппы (возвышенные) с преобладанием мнимокоренных фаций субгидроморфного, субстагниозного и сублитоморфного рядов.

II. Средне- и сильноденудированные холмисто-увалистые междуречья: 7 — эрозионные холмы и увалы с преобладанием мнимокоренных фаций псаммо-сублитоморфного ряда; 8 — подоразделы и склоны с останцовыми холмами с преобладанием полу- и мнимокоренных фаций сублитоморфного ряда.

III. Средне- и сильноденудированные склоны транзитной долины: 9 — ступенчатые с мнимокоренными и полусерийными фациями сублитоморфного ряда; 10 — западно-ложбинные с преобладанием мнимокоренных и полусерийных фаций субгидроморфного ряда.

#### Б. Урочища местной гидрографической сети

IV. Водосборные понижения: 11 — суглинистые с преобладанием мнимокоренных и полусерийных фаций основного и промежуточного субгидроморфных рядов; 12 — песчаные с преобладанием мнимокоренных и полусерийных фаций псаммо-субгидроморфного ряда; 13 — лога с мнимокоренными и полусерийными фациями псаммо-сублитоморфного и субгидроморфного рядов.

V. Долины мелких рек и ручьев. С быстрым течением: 14 — в осадочных породах с полусерийными и серийными фациями промежуточного и микротермного субгидроморфных рядов; 15 — в траппах с полусерийными и серийными фациями микротермных сублитоморфного и субгидроморфного рядов, полусерийными субкриоморфными, серийными аллювиально-криоморфными и криогидроморфными. С медленным течением: 16 — лесоболотные с преобладанием полусерийных фаций микротермного субгидроморфного ряда и субкриоморфных; 17 — лесолугово-болотные с сочетанием болотной, мерзлотной, аллювиально-гидроморфной серий; 18 — болотные с сочетанием болотной, аллювиально-гидроморфной и мерзлотной серий.

#### В. Террасовые урочища транзитной долины

19 — бортовые террасы с полусерийными фациями субпсаммоморфного и гидросубпсаммоморфного рядов; 20 — болотно-бортовые террасы с полусерийными фациями субпсаммоморфного и гидросубпсаммоморфного рядов, серийными болотно-гидроморфными; 21 — низкие террасы с преобладанием полусерийных и серийных фаций аллювиально-, болотно-, мерзлотно-гидроморфных, карбонатно-субгидроморфных; 22 — переходные болота с болотными и мерзлотно-болотными сериями.

Ландшафты и местности (буквы и римские цифры на карте): А — Причунское плато (южнотаежный ландшафт внутриконтинентальных структурно-денудационных возвышенностей); I — южнотаежная местность слабоденудированных водосборных понижений; II — щебнисто-суглинистых водоразделов и переувлажненных водосборных понижений; южнотаежная местность слабоденудированных равнинных суглинистых подоразделов, переувлажненных приречных равнин и фиксированных долин; III — южнотаежная с горно-таежными элементами местность средне- и сильноденудированных трапповых склонов, водоразделов и презающих долин. Б — Чуно-Бирюсинская холмистая возвышенность (подтаежно-южнотаежный ландшафт континентальных эрозионно-денудационных возвышенностей); IV — интразональная местность котловинообразного расширения транзитной долины; V — подтаежно-южнотаежная местность песчаных эрозионных холмов, хорошо дренируемых логов и фиксированных долин. Границы: 23 — разновидностей урочищ, 24 — местностей, 25 — ландшафтов.



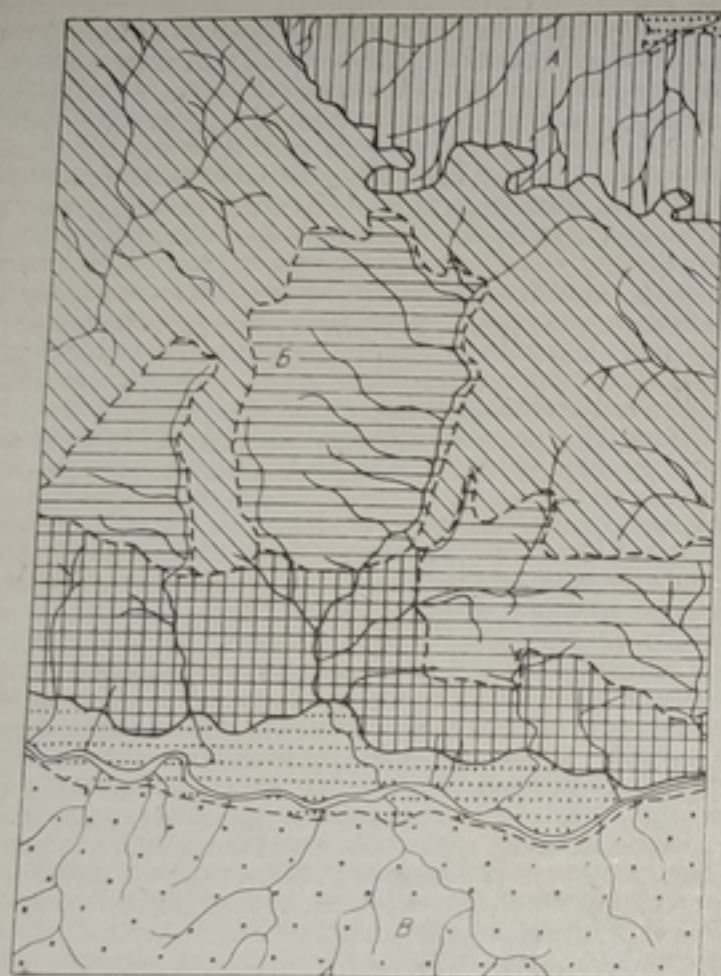


Рис. 6. Ландшафтная схема окружения Приангарского таежного стационара.

Южнотаежные местности: 1 — средне-сильноденудированных транзитных склонов и водоразделов и врезающихся долин; 2 — слабоденудированных равнинных суглинистых водоразделов, переувлажненных приречных равнин и фиксированных долин; 3 — слабо- и среднеденудированных увалисто-равнинных щебинисто-суглинистых водоразделов и переувлажненных водосборных понижений; подтаежно-южнотаежные местности: 4 — средне- и сильноденудированных суглинисто-песчаных эрозийных холмов и увалов, хорошо дренируемых логов и фиксированных долин; южнотаежные с усиленными среднетаежными элементами: 5 — среднеденудированных суглинисто-щебинистых водораздельных отрогов, переувлажненных водосборных понижений и фиксированных долин. Интразональные местности: 6 — котловинообразных расширений крупных долин. Ландшафты: А — Мурской впадины (южнотаежный ландшафт внутриконтинентальных эрозийно-денудационных депрессий); Б — Причуйского плато (южнотаежный с горно-таежными элементами ландшафт внутриконтинентальных структурно-денудированных возвышенностей); В — Чуно-Бирюсинской холмистой возвышенности (подтаежно-южнотаежный ландшафт внутриконтинентальных эрозийно-денудационных возвышенностей). Границы: 7 — видов местностей, 8 — ландшафтов.

информацию, при выделении фаций необходимо основываться на анализе и систематизации взаимосвязей, существующих между отдельными компонентами. Выделение фаций, таким образом, предполагает специальное изучение сопряженности природных явлений, проецирующихся на один и тот же участок земной поверхности. Возможности работы в этом направлении проиллюстрируем результатами картографирования таежного ключевого участка в пределах Нижнеангарского ландшафта (рис. 7).

На карте фиксированы 22 фации. Границы выделов проведены приблизительно через каждые 200—300 м. Средняя величина картографических выделов 0,06 км<sup>2</sup>, что составляет величину порядка 10<sup>-10</sup> от поверхности Земли.

Фации сгруппированы в факторально-динамические ряды. При этом каждая фация рассматривается как пространственно-временное целое, представленное в природе значительным числом ва-

Таблица 3  
Встречаемость некоторых признаков в таежных фациях (Нижнее Приангарье), %

Признак	1	2	3	4	5	6
Наклон поверхности (град):						
0—1	50	12	32	10	—	4
2—5	50	74	64	68	50	74
6—10	—	14	4	20	30	22
больше 10	—	—	—	2	20	—
Минеральный субстрат:						
суглинок	95	98	96	40	4	86
суглинок со щебнем	5	2	4	54	44	14
щебень	—	—	—	6	52	—
Генетические горизонты почвы:						
неразвитые почвы	—	—	—	12	44	—
верхний гумусовый больше 15 см	—	8	44	—	—	2
отчетливо выражен подзолистый	100	56	44	88	56	54
то же, второй гумусовый	—	44	60	—	—	44
Доминанты и содоминанты древесного яруса:						
пихта	70	100	76	76	40	76
ель	—	—	10	6	—	28
кедр	10	4	22	42	64	24
лиственница	5	2	2	20	32	26
сосна	—	—	—	2	20	—
осина	55	68	18	4	12	—
береза	10	—	6	—	8	—
Некоторые содоминанты наземного покрова:						
<i>Aconitum excelsum</i>	25	76	58	10	4	30
<i>Equisetum</i>	35	86	96	34	12	96
<i>Carex macroura</i>	75	74	52	94	88	72
<i>Vaccinium</i>	—	—	—	32	84	4
<i>Polytrichum</i>	—	—	—	—	—	54

Примечание. Фации: 1 — плакорная коренная; 2 — субгидроморфная минимокоренная; 3 — то же, полусерийная; 4 — сублитоморфная минимокоренная; 5 — то же, полусерийная; 6 — субкриоморфная полусерийная.

риантов. Обоснование этих принципов будет дано в последующих разделах. Здесь же в качестве введения к дальнейшему тексту укажем на особенности выявленных фаций.

В одной из опубликованных работ (Крауклис, Медведев, 1970) приводились данные об изменении ландшафтных признаков по отдельным фациям. В небольшой выборке из этих данных (табл. 3) показано, в скольких случаях отдельный признак отмечался в описаниях, отнесенных к той или иной фации (число случаев выражено в процентах, за 100% фации принималось общее количество описаний соответствующей фации). В табл. 3 помещены данные по фациям, имевшим не менее 50 описаний.



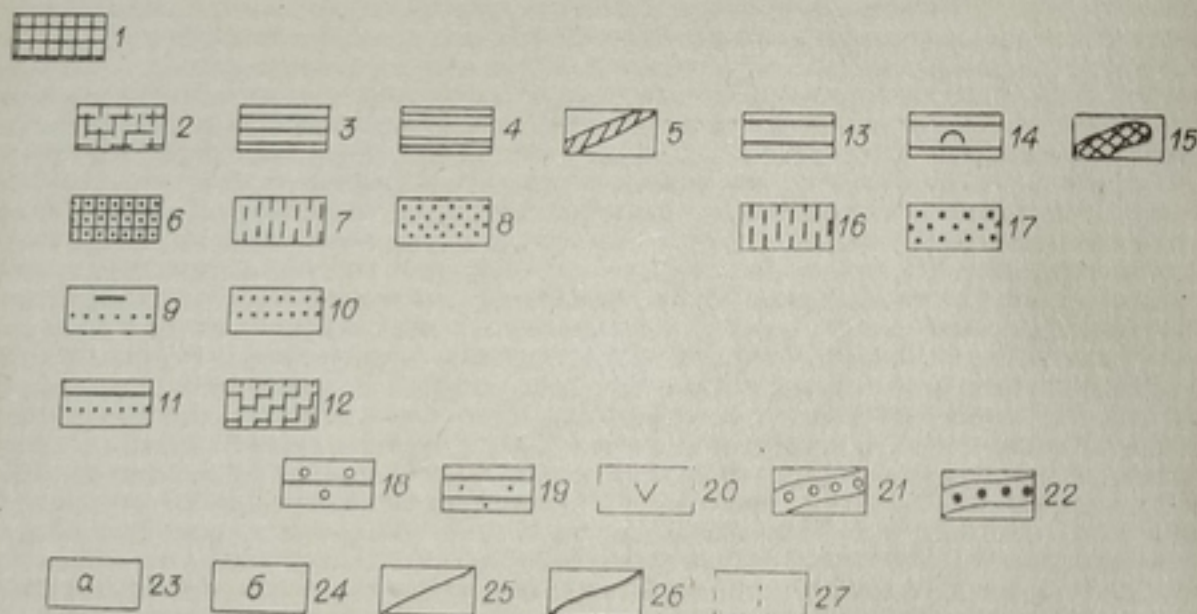
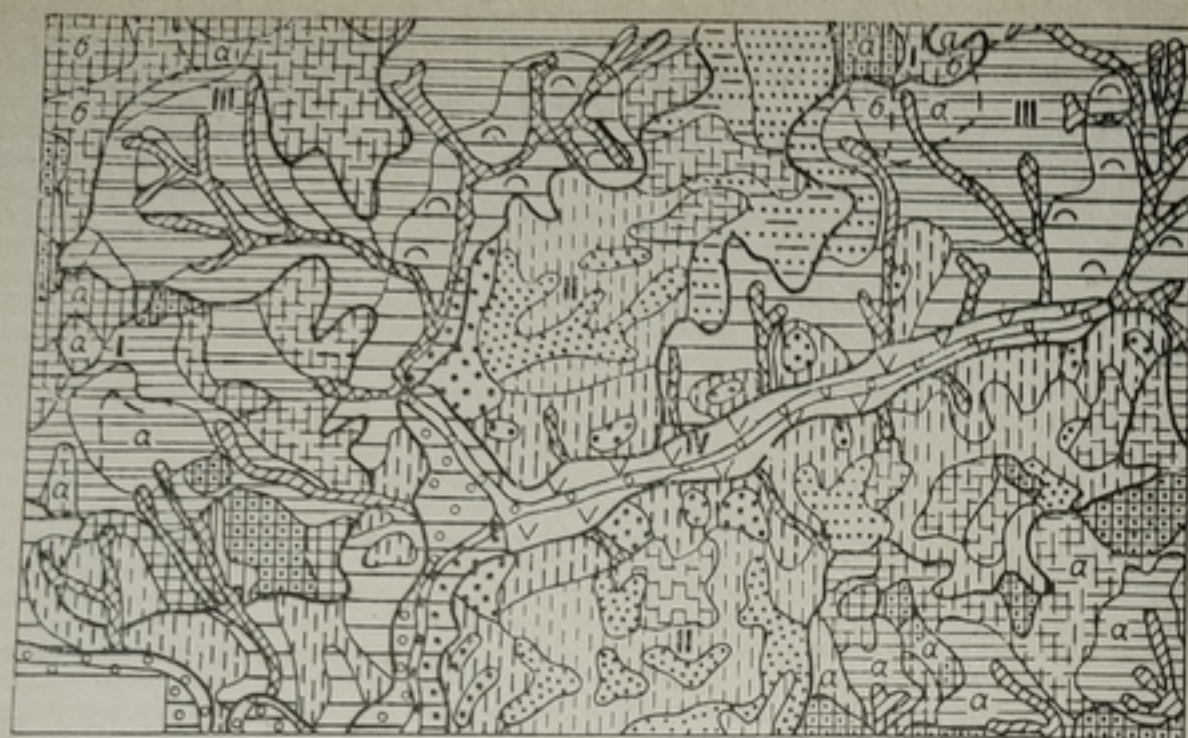


Рис. 7. Ландшафтная карта ключевого участка.

Буквенными индексами, добавленными к номерам по легенде, обозначены динамические категории фаций: К — коренная; Пк — полукоренная; М — мнимокоренная; Пс — полусерийная; С — серийная.

**I. Фации центрального цикла факторально-динамических рядов.** Плакорная: 1 (К) — пихтачи осочково-мелкотравные со средне- и сильноподзолистыми суглинистыми почвами на водораздельных равнинах. Субгидроморфный ряд: 2 (Пк) — пихтачи аконито-во-разнотравные с дерново-среднеподзолистыми (с фрагментарным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на склонах водосборных понижений; 3 (М) — пихтачи аконитовые с дерново-подзолистыми (со сплошным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на днах водосборных понижений; 4 (Пс) — пихтачи влажнотравные с темноцветно-подзолистыми суглинистыми почвами в вершинах ложбин; 5 (С) — черемухово-смородиновые заросли влажнотравные на темноцветно- и дерново-подзолистых глееватых почвах на перемыкаемых суглинках по временным водотокам. Сублитоморфный ряд: 6 (Пк) — светлохвойно-темнохвойные ирисово-разнотравные леса с дерново-среднеподзолистыми суглинистыми (со щебнем) почвами на вогнутых склонах трапповых холмов; 7 (М) — светлохвойно-темнохвойные бруснично-щебенистыми почвами на выпуклых склонах трапповых холмов; 8 (Пс) — светлохвойно-темнохвойно-ирисово-брусничные леса с бурными дерново-лесными скелетными почвами на вершинах трапповых холмов. Псаммо-сублитоморфный ряд: 9 (Пк) — свет-

Как видим, один и тот же признак отмечается, как правило, во многих фациях, но его встречаемость при этом неодинакова. Свойства отдельных компонентов заметно варьируют в пределах каждой фации.

Так, для субгидроморфной мнимокоренной фации характерна сопряженность следующих признаков: незначительная крутизна поверхности, суглинистый субстрат, значительная гумусированность и ослабленная оподзоленность почв, господство пихты в завершающих восстановительный ряд сообществах и осины в разных их дериватах, обилие относительно влаголюбивых видов растений в наземном покрове. Однако приведенные цифры показывают, что эти признаки имеют место далеко не во всех случаях. Например, отчетливый второй гумусовый горизонт отмечен только в 44% от всех случаев; на остальных участках он выражен слабо или совсем отсутствует, подобно тому, как это обычно наблюдается в плакорной коренной фации. Тем не менее общая тенденция такова, что гумусированность почвы увеличивается,

дохвойно-темнохвойные плауново-мелкотравные зеленомошные леса со среднеподзолистыми опесчаненно-суглинистыми почвами на пологих приводораздельных склонах; 10 (М) — смешанные хвойные мелкотравно-плауновые с черничкой зеленомошные леса со среднеподзолистыми песчанисто-щебенистыми суглинистыми почвами на выпуклых приводораздельных склонах. Сублитоморфно-субгидроморфные фации: 11 (Пк) — пихтовые плауново-мелкотравные с влажнотравьем леса с дерново-среднеподзолистыми (с фрагментарным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми (со щебнем) почвами по окраинам водосборных понижений; 12 (М) — светлохвойно-темнохвойные аконито-плауново-мелкотравные леса с дерново-среднеподзолистыми почвами по мелким водосборным понижениям среди трапповых возвышений.

**II. Промежуточный цикл факторально-динамических рядов.** Субгидроморфный ряд: 13 (М) — темнохвойно-мелкотравно-хвощовые зеленомошные леса с дерново-подзолистыми (со сплошным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами по придолинным склонам водосборных понижений; 14 (Пс) — темнохвойные влажнотравные зеленомошные леса с темноцветно-подзолистыми суглинистыми почвами в вершинах ложбин по придолинным склонам водосборных понижений (в сочетании с криосубгидроморфной, см. фацию 18); 15 (С) — темнохвойные мохово-травяные редколесья, хвощово-влажнотравно-вейниковые луговины, калужницевые и травяно-хвощовые заросли на перегнойно-глеевых и подзолисто-глеевых почвах по ложбинам в нижних частях склонов.

Сублитоморфный ряд: 16 (М) — светлохвойно-темнохвойные мелкотравно-хвощово-плауновые зеленомошные леса со среднеподзолистыми щебенисто-суглинистыми почвами по выпуклым нижним частям склонов; 17 (Пс) — темнохвойно-светлохвойные мелкотравно-плауново-брусничные леса с маломощными щебенистыми подзолистыми и дерново-лесными скелетными почвами по придолинным вершинам водораздельных отрогов (в сочетании с фацией 16);

**III. Микротермный цикл факторально-динамических рядов.** Субгидроморфный ряд: 18 (М) — пихтово-еловые с кедром и лиственницей зеленомошно-долгомошные леса со среднеподзолистыми (со вторым гумусовым горизонтом) пылевато-суглинистыми почвами по террасированным подножиям склонов. Сублитоморфный ряд: 19 (М) — елово-лиственнично-кедровые с пихтой, сосной зеленомошно-долгомошные леса со средне-щебенисто-суглинистыми почвами по подножиям трапповых склонов.

Субкриоморфный ряд: 20 (М) — кедрово-еловые долгомошные леса с глеево-подзолистыми (с фрагментарным гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами по днам местных долин (в сочетании с криогидроморфной серийной — мозаичными лиственнично-хвойными кустарниковыми травяно-моховыми редколесьями с микрокомплексами глеево-подзолистых, перегнойно-глеевых, перегнойно-мерзлотных почв по бугристо-мочажинным контактным полосам поймы и подножия склона).

**Аллювиально-гидроморфные фации:** 21 (С) — прирусловые ельнички редкостойные ольховниковые осоково-вейниково-хвощовые и черемухово-ольховниковые влажнотравно-осоковые заросли на перегнойно-глеевых аллювиальных почвах; 22 (С) — прирусловые кедрово-пихтово-еловые ольховниковые влажнотравно-папоротниковые редкостойные леса на каменных аллювиальных почвах.

**Дополнительные обозначения** выделов фаций, проходящие восстановительные сукцессии: 23 — с преобладанием осины; 24 — с преобладанием березы. Границы: 25 — выдел фаций; 26 — урочище; 27 — разновидности урочищ (римскими цифрами на карте со-

ответствуют следующие номера на рис. 5: I — 2; II — 8; III — 11; IV — 15).



а оподзоленность уменьшается по направлению от плакорной фации к субгидроморфной полусерийной.

Для фации сублитоморфного ряда характерен другой тип сочетания признаков: сравнительно часто встречающиеся значительные уклоны поверхности, суглинисто-щебнистый субстрат, пятна слабо развитых почв, в целом бо́льшая их оподзоленность по сравнению с субгидроморфными фациями, значительное участие в растительных сообществах наряду с пихтой кедр, лиственницы, сосны, резкое сокращение обилия влаголюбивых видов растений и возрастание роли брусники, осочки. Наблюдаются вполне определенные тенденции изменения встречаемости этих признаков в разных звеньях сублитоморфного ряда.

Субкриоморфная мнимокоренная фация характеризуется своей приуроченностью к поверхностям разной крутизны (добавим: в нижних частях склонов), преимущественно суглинистым субстратом, почвами с относительно увеличенной гумусированностью и ослабленной оподзоленностью, значительной примесью ели, кедр, лиственницы в древостоях, обилием хвощей и частично долгомошным наземным покровом. Подобно предыдущим примерам, эта комбинация признаков выступает лишь как некоторая тенденция.

Плакорная фация, коренная, среди остальных занимает среднее положение по одним признакам или крайнее — по другим. Так, для нее характерны выположенные приводораздельные поверхности, суглинистый субстрат, интенсивное подзолообразование, господство пихты с примесью других видов, которые в производных сообществах могут быть эдификаторами (например, осина, береза), травянистый покров из видов разных экологических групп.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что взаимообусловленность между компонентами природной среды, рассматриваемая на уровне географических фаций, имеет не абсолютный характер, а прослеживается лишь как более или менее выраженная тенденция. Соответственно и площадь, занимаемая одной и той же фацией, обнаруживает бо́льшую или меньшую неоднородность по признакам главных компонентов. Отклонение от однородности не исключение, а норма, что объясняется динамическими факторами. С динамической точки зрения оно может быть объяснено следующим образом.

В любой фации постоянно идет смена и восстановление элементов эпигенетического комплекса (растительности, почвы, минерального субстрата и т. д.), а также постоянное восстановление нарушающихся при этом связей, в том числе и центральной внутренней связи — между эпигенетическим комплексом и «употребляемым» им участком земной поверхности. Вся эта динамика реализуется в виде смены определенных состояний фаций. Важно и то, что указанные смены

протекают неравномерно внутри выдела фации. Это в конечном итоге приводит к постоянному существованию внутрифациальной мозаичности.

Признаки, фиксируемые при полевых описаниях (в том числе и приведенные в табл. 3), чаще всего отражают то или иное переменное состояние, а нередко — лишь определенный элемент внутрифациальной мозаики. Отсюда фация представляется в самом общем виде как система сменяющихся во времени разных состояний, различных по признакам строения природного комплекса, а также совершающихся в нем процессов и вместе с тем как система элементов пространственной мозаики, обусловленной свойствами разнокачественных компонентов. Этот факт и положен в основу концепции элементарной геосистемы, развиваемой в последующих разделах настоящей главы.

В этимологическом смысле термин «фация» (лат. *facies*), введенный в ландшафтную литературу Л. Г. Раменским (1935) и Л. С. Бергом (1958), обозначает образ, наружность, внешность и т. п. Это слово имеет общий корень с весьма многозначным латинским глаголом *facio*, основной смысл которого — «делать», «производить», «совершать» (Дворецкий, 1976). Таким образом, с семантической точки зрения название исходного понятия в геотопологии совмещает в себе две характеристики изучаемого объекта — внешнее проявление и внутреннюю динамическую сущность, находящиеся в некотором взаимном соответствии. Но на вопрос о том, что именно это за объект, этимология слова, конечно, ответа не дает.

Ландшафтоведы ГДР и соседних с нею стран в последнее время все чаще пользуются термином «топ» (греч. *topos* — место, положение) (Neef, 1963; Haase, 1971; 1976; Schmithüsen, 1971; Beiträge..., 1973). В нашей стране это слово и производные от него образования широко употребляли Г. Н. Высоцкий (1962) и Л. Г. Раменский (1938). В свое время М. А. Первухин (1938) даже предлагал ландшафтоведение именовать топологией. Нам представляется, что обозначение «топ» удачно дополняет смысловое значение термина «фация», подчеркивая, что речь идет о географических местах, т. е. элементарных географических категориях, а не о более крупных единицах.

В природе в каждом отдельном случае фация проявляется в виде конкретного выдела — далее неделимого по ландшафтно-географическим критериям ареала. Последний в принципе совпадает с границами биogeоценоза (Сочава, 1962, 1963). Но каждый биogeоценоз, взятый в отдельности, не дает полного представления о свойствах элементарной геосистемы. Такое представление, как уже отмечалось выше, можно получить только из рассмотрения некоторого множества одно-



типных в структурном и функциональном отношении элементарных ландшафтных ареалов. В. Б. Сочава предложил называть фацией именно такое множество элементарных выделов. По этому принципу выделены фации и на упомянутой выше карте (см. рис. 7).

Следуя методическим руководствам по ландшафтно-морфологическим исследованиям (Видина, 1962; Анненская и др., 1963), фациями полагается называть конкретные элементарные выделы, а множество разбросанных по территории сходных выделов — типами фаций. Обратим внимание, однако, на такое обстоятельство.

На практике выделение фаций начинается не с проведения пространственных границ на местности. Сперва на основе некоторого числа специально выполняемых полевых описаний географических «пунктов» выделяются закономерные (т. е. типически повторяющиеся) комбинации признаков, «сосуществующих» на одном месте, которые рассматриваются как характеристики фаций. В результате локализации этих комбинаций и получаются «конкретные фации». Последние иначе не могут быть выделены на местности. Обозначение «тип фаций» позволяет думать, что дело обстоит не так. Поэтому слово «тип» (разновидность, вид и т. п.) в таком контексте не вполне уместно (Сочава, 1963).

Принимая представление о фации за центральное в геотопологии, рассмотрим три главных вопроса: что такое множество ареалов, в котором проявляются свойства фации; что представляет собой выдел фации как элементарный ландшафтно-географический ареал; какие отношения связывают фации друг с другом и с геосистемами более высокого ранга.

#### ПЕРЕМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ФАЦИИ

Существование фации в виде множества разобщенных элементарных ландшафтных ареалов обусловлено, с одной стороны, наличием в ландшафте однотипных местоположений, создающих сходные, но не тождественные локальные ситуации. С другой стороны, фации, как и геосистемы всех остальных уровней, постоянно меняются во времени, что придает им значительную многоликость. Поскольку по разным причинам не все смены во всех выделах данной фации наступают и протекают одновременно, наблюдаемое в каждый момент разнообразие этих выделов обусловлено главным образом несовпадением их преходящих состояний.

Л. Г. Раменский (1938, с. 21) писал, что земельный тип выявляется лишь в совокупности конкретных форм (модификаций) — природных и антропогенно-производных и что эти видоизменения не могут рассматриваться как эволюция. Они

представляют метаморфоз земель. Сказанное в полной мере относится и к фации, которая по своему объему сравнима с земельным типом Раменского. К этому надо лишь добавить, что фация имеет не только одну природную модификацию, а большое их множество. Содержание фации раскрывается лишь при рассмотрении всего разнообразия присущих ей модификаций, или переменных состояний (Крауклис, 1966, 19766).

В. Б. Сочава подчеркивает, что, если разнообразие элементарных геосистем воспринимать только морфологически, оно граничит с хаотичностью. Отсюда тенденции к выявлению инвариантов природной среды со свойственными им переменными состояниями (Сочава, 19756; Сочава и др., 19746). В основу выявления таких инвариантов должен быть поставлен анализ закономерностей смены состояний.

Изменение состояния природного комплекса в той или иной мере принимается во внимание во всех ландшафтных работах. Она отражена и в основополагающей работе Л. С. Берга (1931), который смены делит на два типа: обратимые, или циклические, не вносящие, «в сущности ничего нового в установившийся порядок вещей» (с. 32), и необратимые, идущие в каком-либо одном направлении. Кроме того, в этой работе рассматриваются смены, наступающие после катастрофических событий в природе. В качестве иллюстраций ученый приводит описанный Г. Ф. Морозовым (1949) естественный процесс восстановления в лесном ландшафте умеренного пояса.

Развернутую классификацию смен дал Ю. П. Бяллович (1947). Он различает: возбуждаемые метеоэнергетическими факторами смены состояния природных комплексов, начиная от «секундно-минутных» и кончая годовыми и многолетними; циклические смены — возрастные и дигрессионно-демутационные, связанные с воздействием антропогенных факторов и естественной динамикой растительности; необратимые смены циклов — экзогенные и эндогенные.

Обстоятельно рассмотрел формы изменения лесных биогеоценозов и обобщил имеющиеся на этот счет данные В. Н. Сукачева (Основы..., 1964). В основу их положено подразделение проявлений динамики на две категории: циклическая динамика и сукцессии биогеоценозов. Первая, по В. Н. Сукачеву, проявляется в изменениях суточных, сезонных, погодных (погодичные) и связанных с процессом возобновления и роста растительности. Вторая — в автогенных (необратимых) сукцессиях (сингенетических, эндодинамических, филоценогенетических) и экзогенных (обратимых и необратимых). Среди последних, в свою очередь, выделены гологенетические (климатогенные, геоморфогенные, селектоценогенетические) и локальные (антропогенные, зоогенные, пирогенные, ветровальные, а также вызванные селевыми потоками,



оползнями, внезапными размывами и т. п. причинами).

Здесь не будем останавливаться на работах других исследователей, относящихся к предмету нашего исследования. Основные критерии, по которым рассматривается многоликость природных комплексов, достаточно полно прослеживаются уже в названных источниках. Это — обратимость или необратимость изменений, продолжительность существования разных состояний, связь их с поступательным развитием, восстановлением и сохранением системы, пространственные масштабы смен, причины, вызывающие изменения.

Среди причин изменений, как видим, первостепенное значение придается проявлению мобильного начала геосистемы и действию антропогенного фактора, а также разным внешним влияниям. Но особенно существенной причиной «метаморфозов», как это наиболее наглядно выступает в классификациях В. Н. Сукачева и Ю. П. Бялловича, является биота, ее активность. В таком смысле из ландшафтоведов наиболее точно роль биоты определил В. Б. Сочава (1965), считающий ее не столько фактором преобразующим, сколько стабилизирующим.

Несмотря на значительную работу, проделанную в области изучения и систематизации смен, цельной и всесторонне разработанной концепции пока нет. Опыт работы автора в этом направлении (Крауклис, 1966, 1969б, 1974б, 1976б; Krauklis, 1972) привел к убеждению, что такая концепция должна строиться исходя из вопроса: какую роль смена состояний играет в поддержании существования основного генетического качества геосистемы.

В ландшафте совершается множество явлений, противоположных по своей природе и поэтому не совместимых в один и тот же момент времени. Например, в тайге в годовом цикле чередуются сезоны охлаждения и прогревания деятельного слоя, сквозного промачивания и относительного иссушения, биотической активности и покоя. Без таких колебаний немыслимы характерные для тайги растительность, почвы, динамика рельефа, а также та система вертикальных и горизонтальных взаимосвязей, которая подразумевается под термином «таежный тип ландшафта». Все это существует благодаря определенному способу упорядоченности совершающихся в ландшафте явлений, закономерному чередованию разных преходящих состояний геосистем.

В таком смысле геосистема проявляется как диахронное целое — как такое единство, элементы которого связаны «через время». В смене состояний при этом прослеживаются три основные составляющие. Первая — чередование явлений, поддерживающих существование геосистемы, но не совместимых в один момент времени. Вторая — восстановление геосистемы, наступающее после разрушения и возмущений, вызываемых

внешними и внутренними факторами. Третья — необратимая трансформация основных структур геосистемы.

Все названные составляющие смен взаимно связаны и накладываются друг на друга. Вместе взятые они слагают процесс функционирования геосистем. Выделение и классификация переменных состояний есть форма изучения этого процесса с интегральных, ландшафтных позиций. Каждая геосистема имеет определенную форму упорядоченности свойственных ей состояний, которая может быть названа временной структурой геосистемы.

Таким образом, геосистема — это система разного рода своих переменных состояний. Отсюда намечается следующая программа исследований.

1. Выделение главнейших переменных состояний, изучение свойственных для каждого из них вещественно-энергетических балансов, выявление закономерностей смены одного состояния другим, вскрытие цепей последствий, связывающих предшествующие состояния с последующими.

2. Определение времени проявления геосистемы — минимальной продолжительности периода, вмещающего все существенные виды переменных состояний и, таким образом, в достаточно полной мере отражающего многоликость данной геосистемы.

3. Оценка изменчивости геосистемы — частоты и размаха колебания ее свойств в течение времени проявления.

4. Установление устойчивости — соотношения между названными тремя составляющими временной структуры, которые коротко назовем нормальным функционированием, восстановлением, необратимым преобразованием.

5. Изучение функциональной связи между разнообразием и сменой состояний, с одной стороны, и пространственной дифференцированностью геосистемы — с другой.

Осуществление такой программы — одна из центральных проблем экспериментального ландшафтоведения. Некоторые опытные данные, касающиеся этой темы, будут приведены ниже. Здесь только добавим небольшие пояснения к отдельным из названных задач.

Общее представление о геосистеме как диахронном целом дает ее рассмотрение в течение годового цикла. Однако, как справедливо отмечают авторы, ведущие стационарные исследования (Роде, 1947, 1976; Основы..., 1964), это далеко не полная картина механизма функционирования. Многие явления, в особенности экстремальные, наступают не ежегодно. Судя по данным изучения солнечной активности (Чижевский, 1974), для учета таких экстремумов и их последствий в геосистемах время наблюдений нужно согласовать с длительностью циклов колебаний деятельности Солнца, прежде всего с 11-летними периодами.



Как указывалось, мощный источник смен — биогенные ритмы, особенно растянутые в ландшафтах, где господствуют многолетние жизненные формы, в частности в тайге. Здесь, по ориентировочным оценкам, вся многоликость фации, обусловленная возрастной динамикой древостоя, восстановительными сукцессиями, на одном и том же месте может проявиться лишь в течение многих десятилетий и даже в периоды больше сотни лет. Такой величиной в первом приближении можно оценить время проявления генетического качества, свойственного элементарным геосистемам тайги.

Пока недостаточно данных для более точного определения этой величины, очень важной для теоретического анализа геосистем и для практических расчетов (прежде всего прогнозов, рекомендаций по оптимизации ландшафта и т. д.). В таком направлении нужна большая экспериментальная работа. Сейчас можно лишь сказать, что в принципе каждая геосистема имеет свое собственное время проявления. Это одна из основных ее интегральных и инвариантных характеристик. Представляется, что время проявления связано с остальными свойствами геосистемы и меняется от места к месту и в зависимости от иерархического уровня геосистемы.

Без определения времени проявления структуры геосистемы нельзя поставить на точную основу оценку также следующей важной величины — изменчивости геосистемы. Все же наблюдения за сезонной ритмикой и ее колебаниями в течение нескольких лет, сопоставление разных выделов одной и той же фации (соответствующих чаще всего различным ее биогенным состояниям) позволяют дать по меньшей мере сравнительную характеристику фаций по размаху колебаний совершающихся в них явлений.

Так, дальше будет показано, что наиболее контрастны сезонные состояния у серийных фаций. Относительно меньшая (хотя и в абсолютном выражении, конечно, очень большая) перестройка от сезона к сезону происходит в коренной фации, расположенной на плакорах. В первом случае гораздо резче, чем во втором, сказываются также погодичные колебания природных режимов и сопутствующие катастрофическим разрушениям трансформации геосистем.

В целом представляется, что в коренной фации локализована наиболее стабильная (в смысле изменчивости) часть ландшафта, в то время как в серийных сосредоточены самые резкие проявления мобильности геосистем. Остальные же фации могут рассматриваться как промежуточные звенья между этими крайними образованиями.

Изменчивость или, вернее, постоянство часто рассматривается как синоним устойчивости. Однако это не совсем верно. Г. Орианс (Orians, 1975) дал обзор тех значений, в кото-

рых термин «устойчивость» употребляется в экологической литературе, откуда он собственно пришел и в современное ландшафтоведение. Помимо только что упомянутого значения (константность), автор называет еще следующие: устойчивость к возмущениям (инерция), скорость восстановления после нарушения (эластичность), пределы воздействий, в которых возможно восстановление системы (амплитуда), устойчивость циклов, устойчивость общей тенденции (траектории) изменения.

Как видим, речь идет отнюдь не о тождественных понятиях. Можно полагать, что эти формы устойчивости, по крайней мере некоторые из них, определенным образом взаимосвязаны. Все же сейчас еще далеко не ясно, каким именно образом. Отсюда как сама постановка проблемы, так и понятие устойчивости ни в экологии, ни в ландшафтоведении не отличаются должной строгостью.

Нам представляется, что устойчивость геосистемы в принципе есть мера соотношения между тремя названными выше составляющими временной структуры — нормальным функционированием, восстановлением и обновлением, необратимым преобразованием генетического качества. В непосредственном виде эта мера могла бы быть выражена структурой интегрального вещественно-энергетического баланса за период, соответствующий времени проявления геосистемы. Но прямым путем такая задача экспериментального ландшафтоведения едва ли может быть решена по той причине, что время проявления даже геосистем элементарного уровня очень велико.

В этом пункте особенно актуален целенаправленный подбор частных случаев — в данном случае отдельных состояний одной и той же фации, наблюдаемых одновременно, но в разных местах, — и построение исходных моделей временной структуры для постановки соответствующих наблюдений в природе, а также для анализа процесса. Балансовые исследования, таким образом, должны войти в единую методическую систему с сравнительно-географическим методом.

Любая ландшафтная единица существует в системе функциональных и других отношений со своими окрестностями, т. е. в составе определенной геохоры. Поэтому в изменчивости и других характеристиках устойчивости геосистемы отражаются горизонтальные связи с внешним окружением, функциональная роль в геохоре.

Особенно важно это иметь в виду при рассмотрении элементарных ландшафтных ареалов, потому что на этом географическом уровне относительные контрасты между смежными участками, как уже было показано, самые высокие и, стало быть, наиболее интенсивно воздействие геосистем друг на друга.



Изменчивость каждой фации предопределена ее положением в ландшафте и находится в зависимости от функционирования ландшафта как пространственного целого. Степень изменчивости фаций в пределах одного ландшафта некоторым образом соотносится с разнообразием существующих в нем местоположений. Ландшафту, как и геохорам более низкого ранга, свойственно определенное соотношение фаций различной степени изменчивости и устойчивости.

Отсюда видно, что характеристики устойчивости фации — это еще и меры ее взаимоотношений с внешней средой. Фации, как и другим системам подобного типа, присуща тенденция переходить из менее устойчивого состояния в более устойчивое. Однако она может проявиться лишь в той мере, в какой это позволяют система горизонтальных связей и местоположение данной фации.

Устойчивость геосистемы, таким образом, — показатель, в котором соединяется влияние пространственного и временного факторов. По существу, то же можно сказать и о степени мозаичности выделов фаций. Так, сохранение леса в неизменном состоянии возможно при одновременном существовании в определенной пропорции деревьев всех возрастных категорий. Однако все они не могут совместиться на бесконечно малой площади. Отсюда наличие в пределах выдела фации различных по возрастному составу биогрупп деревьев — одно из важнейших элементов внутрифациальной мозаичности в тайге. Как отметил В. Н. Сукачев, эти элементы находятся в движении, отражающем постоянно протекающий процесс смены поколений леса в целом (Основы..., 1964).

В следующей главе будет показано, что во многих случаях представители разных поколений древостоя в нужном соотношении не совмещаются в одном растительном сообществе, т. е. в пределах выдела фации. Это «компенсируется» периодическими колебаниями характера жизнедеятельности леса во времени. Очевидно, амплитуда таких колебаний тем меньше, чем возрастное разнообразие одновременно совмещающихся в сообществе деревьев ближе к некоторому оптимуму, и тем шире, чем больше отклонение от этого оптимума.

В приведенном факте отражается основной смысл приведенной выше формулировки «соотношение между пространственным и временным разнообразием» применительно к естественной организации выдела фации. Особенно наглядно это потому, что речь идет об активной, биотической составляющей геосистемы, свойство саморегуляции которой более совершенно, чем у абиотических элементов. Тем не менее в принципе поля физических показателей и других природных условий одновременно являются и следствием протекающих в фации процессов, и фактором, возбуждающим эти процессы.

Связь внутрифациальной мозаичности с функционированием фации позволяет ставить вопрос о величине географического «пункта» — минимальной площади фации (Крауклис, 1966, 19696). В таком смысле В. Б. Сочава (1975а, с. 5) говорит о «минимум-ареале», на котором «размещаются элементы, обеспечивающие целостность системы (факторы микроклимата, ячейка водосбора, экотоп биоценоза, круговорот главных химических элементов, условия гумусообразования и проч.), ... в рамках которого замыкаются пределы элементарного круговорота».

Морфология ландшафта не дала сколько-нибудь определенной перспективы решения этой задачи, а по существу, даже не изучала ее. Не решена она еще и в геотопологии. Но представляется, что работа над исследованием внутрифациальной мозаичности и временных структур фаций, с одной стороны, и экспериментальное изучение взаимодействия элементарных ландшафтных ареалов, выделяемых на первых порах по преимущественно морфологическим критериям, позволяет добиться успеха.

#### ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ СТРОЕНИЕ ВЫДЕЛА ФАЦИИ

При изучении выдела фации как элементарного, т. е. далее неделимого в ландшафтно-географическом смысле участка земной поверхности, всегда приходится считаться с тем, что отдельные компоненты в этих пределах не являются монолитными телами.

Так, соизмеримая с выделом фации часть растительности — фитоценоз — состоит из множества обособленных друг от друга живых организмов, образующих целую гамму внутриценотических единиц (синузий, разного порядка ценоэлементов, микрогруппировок и т. д.). Отдельные растения и тем более разного рода их сочетания создают свою микросреду, отличную от окружения, и таким образом вносят более или менее значительную неоднородность внутри выдела фации. Заметно нарушает гомогенность природных условий в элементарном ландшафтно-географическом ареале и другой биотический компонент — животные, например, землерои и др.

Показано, что отнюдь не одинаков на всем протяжении элементарный почвенный ареал — наименьший из объектов географии почв (Фридланд, 1972). Эта единица почвенного покрова, по рангу соответствующая выделу фации, нередко имеет в своем составе более мелкие подразделения, относящиеся уже к самой почве и не являющиеся географическими категориями.

В пределах участка фации обычно варьируют от места к месту концентрации отдельных химических элементов, а



нередко и литологического состава минерального субстрата. Поверхность последнего, как правило, изобилует многочисленными мелкими неровностями. И, конечно же, пестротой отличаются поля количественных значений, характеризующих распределение влаги, тепла, инсоляции в каждый отдельный момент времени.

Разные факторы — каждый в отдельности и все вместе — постоянно создают и поддерживают площадную разнородность природных условий в выделе фаций. Иногда эти различия настолько контрастны, что проблематично само выделение фации в обычном смысле как достаточно гомогенной единицы. Автору с такими случаями приходилось сталкиваться в весьма динамичном аккумулятивном мерзлотно-таежном ландшафте Чарской котловины. Здесь обилие почвенно-грунтовой влаги, многолетняя мерзлота, водные потоки, аккумуляция минеральных наносов или жизнедеятельность биоты нередко «расщепляют» земную поверхность на мельчайшие, но резко отличающиеся друг от друга ячейки размером в несколько квадратных метров. Судя по литературным данным, подобная ситуация имеет место в тундре, болотах, пустынях и многих других ландшафтах. Вместе с тем есть ландшафты, например равнинные степи, леса и другие, где внутрифациальная мозаичность хотя и наблюдается, но при выделении элементарных ландшафтных ареалов не создает особых проблем.

Степень мозаичности выделов фаций изменяется не только по природным зонам и крупным регионам. В пределах одного ландшафта и одной местности также обычно встречаются фации, сильно различающиеся по характеру неоднородности выделов.

При ландшафтном картографировании внутрифациальная мозаичность чаще всего не принимается во внимание, отчасти уже по той причине, что это явление обычно не укладывается в изображение даже крупного плана. При постановке экспериментально-стационарных работ неоднородностью топа нельзя пренебрегать, потому что в большинстве случаев инструментальные измерения непосредственно характеризуют не весь выдел фации, а только очень небольшую часть или даже всего лишь отдельную точку. Отсюда возникает много трудностей, связанных с тем, что измерения оказываются трудносравнимыми. Расположение мест наблюдений и определение необходимого числа повторностей измерений с учетом внутрифациальной дифференцированности — одно из важнейших условий для получения верных в качественном и количественном отношении выводов.

Следовательно, изучение внутрифациального разнообразия природных условий имеет прежде всего методическое значение для проведения экспериментально-стационарных

исследований. Но неоднородность выдела фации должна приниматься во внимание не только как фактор, осложняющий методику. Это явление представляет также самостоятельный интерес — как источник информации о свойствах элементарной геосистемы. Остановимся на этом вопросе подробнее.

Отправным пунктом для изучения поставленного вопроса может быть опыт геоботаники. Изучение организации растительного покрова на внутриценотическом уровне — важный ее раздел. По этой тематике выполнено множество работ описательно-картографического, экспериментально-аналитического и теоретико-методического плана. Выявлено большое число внутриценотических единиц разного таксономического ранга и различного содержания, обзор которых дан, в частности, В. Д. Александровой (1969).

Изучению внутриценотической мозаичности растительности часто сопутствуют непосредственные наблюдения над микродифференциацией экологических условий. Такие работы особенно характерны для биогеоценотических исследований, в практику которых широко вошло представление о парцелле. Оно используется и в ландшафтоведческих работах, хотя в значительно меньшей мере. Н. В. Дылис (1969) дает такое определение: «Биогеоценотическими парцеллами называются структурные части горизонтального расчленения биогеоценоза, отличающиеся друг от друга составом, структурой и свойствами своих компонентов, спецификой их связей и материально-энергетического обмена. Обособлены парцеллы друг от друга в пространстве на всю вертикальную толщу биогеоценоза» (с. 12).

В биогеоценологии, исследованию парцеллярного, или горизонтального, строения придается не меньшее значение, чем учету ярусности, или вертикального строения биогеоценозов. Особенно широко этот вопрос поставлен в работах Ю. П. Бялловича (1973а).

Только что сказанное относительно изучения биогеоценозов имеет отношение и к ландшафтоведению. Все же биогеоценотический подход не во всем удовлетворяет интересы ландшафтоведа и наоборот. Здесь рассмотрим преимущественно проблемы, возникшие перед автором при решении комплекса вопросов, связанных с построением системы факторально-динамических рядов фаций. Вначале приведем некоторые данные, полученные на примере изучения субгидроморфного ряда фаций (рис. 8).

Профиль длиной около 800 м начинается с истоков ручья («земноводного комплекса», по Г. Д. Рихтеру, (1975)), продолжается вверх по осевой части водосборного понижения и кончается на водоразделе плакорного типа. Наблюдения проведены на 40 пунктах, равномерно расположенных



по линии профиля. Количественный учет на этих пунктах под руководством и при участии автора провели Г. П. Топоркова, Л. К. Кремер, Т. И. Житлухина, Е. Г. Суворов с помощью группы студентов-практикантов. На рис. 8 представлены некоторые из наиболее существенных для данного ряда характеристик природного режима. По ним, а также по результатам обычного комплексного описания совокупности компонентов прослеживается 5 выделов фаций.

Сразу привлекает внимание широкий размах колебания учтенных признаков (см. рис. 8). При этом наблюдаются две составляющие варьирования природных условий. Одна из них — общая тенденция изменения гидротермического режима и особенностей биоты по мере перехода от типичных сухопутных условий к «земноводным», характеризующая субгидроморфный ряд в целом. Вторая — варьирование тех же показателей в пределах каждой фации, т. е. внутри отдельных звеньев ряда. Представляет интерес соотношение отмеченных тенденций. Для этого был проведен дисперсионный анализ по алгоритмам, рекомендуемым Н. А. Плохинским (1970). Результаты вычисления представлены в табл. 4.

По вычисленным для каждой фации средним значениям видно отчетливое возрастание от плакора к гидроморфной серии влажности почвы, а также относительного количества ежегодно нарастающей (и отмирающей) надземной части травостоя. Измеренные величины варьируют также в пределах каждой фации, поэтому представляет интерес сопоставление межгрупповой (в данном случае межфациальной) дисперсии  $S_x$  с общей —  $S_y$ . Отношение  $S_x/S_y$  показывает, что доля разнообразия, приходящаяся на различия между фациями, по влажности почвы составляет больше 50%, а травянистости леса — 43%. Сравнение вычисленных значений критерия  $F$  (основанного на сопоставлении межфациального и внутрифациального варьирования измеренных величин) с допустимыми его значениями (взятыми из таблиц  $F$  — распределения в соответствии с данным числом степеней свободы) показывает, что изменение рассматриваемых признаков по фациям субгидроморфного ряда достоверно с вероятностью больше 0,999.

В субгидроморфном ряду весьма своеобразно изменение показателей тепла — одного из лимитирующих факторов в тайге. Как видно по приведенным данным, в предлетний период, когда заканчивается сток внешних вод и происходит оттаивание почвы, температура корнеобитаемого слоя в целом увеличивается в направлении от относительно сухого приплакорного пространства к обильно увлажненному транзитными водами истоку ручья. Такая тенденция весьма примечательна (тем более, что температура воздуха увеличивается в противоположном направлении); она свидетельствует,

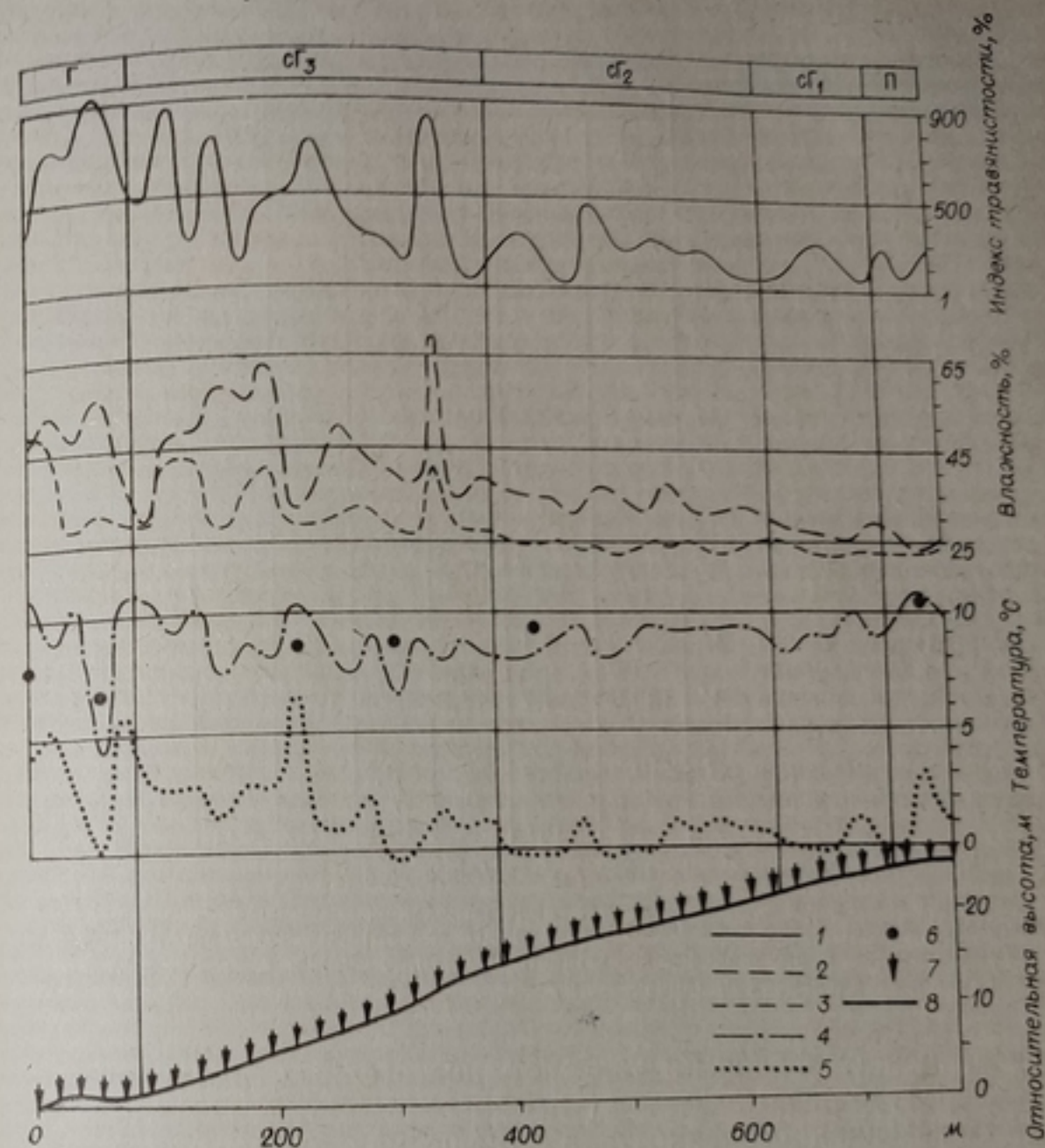


Рис. 8. Варьирование некоторых показателей внутри выделов фаций субгидроморфного ряда.

Фации: Г — гидроморфная серийная; cf — субгидроморфные (cf3 — полусерийная, cf2 — мнимокоренная, cf1 — полукоренная); П — плакорная коренная. Показатели: 1 — сезонная изменчивость проективного обилия травостоя; 2 — средняя за летний период влажность почвы на глубине 10–20 см; 3 — то же, на глубине 40–50 см; 4 — температура почвы на глубине 20 см, максимальная; 5 — то же, в начале фазы максимальной активности биоты; 6 — средние за летний период суточные минимумы температуры воздуха. Остальные обозначения: 7 — пункты наблюдений; 8 — профиль рельефа.

что в этот период в субгидроморфных фациях влага является дополнительным источником тепла. Однако по мере прогревания деятельного слоя и полного оттаивания почвы в приплакорной части профиля температура начинает подниматься быстрее, чем в центре водосборного понижения. Поэтому к середине лета, как это подтверждают результаты дисперсионного анализа, между фациями уже нет достоверных различий по температуре почвы.



Таблица 4

Динамика некоторых признаков фаций в составе субгидроморфного ряда

Показатель		Фации					Про- филь в це- лом	F	$\frac{C_x}{C_y}$
		пла- корная корен- ная	субгидроморфные			гидро- морф- ная серий- ная			
			полу- корен- ная	мнимо- корен- ная	полу- серий- ная				
Влажность почвы (%)	M	25,4	27,5	33,9	45,8	49,8	39,3	11,2	0,56
средняя за летний	$\sigma$	2,3	1,7	2,5	11,8	6,0	11,6		
период, на глуби- не 10—20 см	V	8,9	6,9	7,3	25,7	12,1	29,7		
То же, на глубине 40—50 см	M	23,0	23,2	24,2	32,6	37,3	28,8	9,7	0,52
	$\sigma$	0,9	1,2	1,1	6,3	10,1	7,3		
	V	3,8	5,2	4,5	19,3	27,1	25,3		
Сезонная изменчи- вость проективно- го обилия травос- той, %	M	243	216	250	443	682	371	6,7	0,43
	$\sigma$	72	71	93	250	214	232		
	V	29,7	32,4	37,3	56,4	31,4	62,4		
Температура почвы (°C) на глубине 20 см в начале летнего периода	M	1,2	0,1	0,4	1,9	3,6	1,4	6,0	0,41
	$\sigma$	1,7	0,6	0,6	1,1	2,3	1,7		
	V	135,0	516,7	147,2	59,8	64,0	125,0		
То же, максимальная за летний период	M	10,3	8,9	8,9	8,7	9,1	9,0	1,0	0,10
	$\sigma$	0,5	0,6	0,6	1,2	2,8	1,3		
	V	4,4	6,7	6,4	13,6	31,2	14,2		

Число степеней свободы — 4; 35.  $F_{st} = 2,7-3,9-6,0$ .

Примечание. M — среднее арифметическое;  $\sigma$  — среднее квадратиче-  
ское отклонение; V — коэффициент вариации; F — критерий Фишера;  $F_{st}$  — допу-  
стимые значения F при порогах вероятности 0,95—0,99—0,999;  $C_x/C_y$  — отношение  
межгрупповой дисперсии к общей.

лиза, между фациями уже нет достоверных различий по температуре почвы.

Отмеченная особенность в отношениях тепла и влаги — одна из характерных черт субгидроморфного ряда. В таком виде она не прослеживается в остальных факторально-динамических рядах, которым, в свою очередь, свойственны другие системы взаимосвязей между ландшафтообразующими факторами.

В приведенном примере отражаются две особенности, которые, по предварительным данным, сохраняются во всех основных факторально-динамических рядах. Первая из них заключается в том, что детерминирующие признаки фаций от начальных звеньев ряда к завершающим изменяются неравномерно. В целом «скорость» изменения возрастает с приближением к серийной фации. Однако это свойство, представляющее значительный интерес для дальнейшего теоретического анализа динамики геосистем, требует особого исследования на более широком материале.

Вторая особенность касается внутрифациального варьирования признаков, которое, как было показано, весьма значительно. В пределах ряда оно изменяется подобно средним значениям признаков: с нарастающей «скоростью» увеличивается по направлению от плакора к истокам ручья. Очень пестры по влажности и температуре почвы, составу живого напочвенного покрова участки, являющиеся непосредственными истоками ручья, в то время как примыкающие к плакору фации сравнительно однородны. Эта тенденция также должна быть предметом дальнейшего количественного исследования и теоретического анализа. Однако уже сейчас на основе имеющихся данных можно заключить, что фации, составляющие факторально-динамический ряд, неравноценны по степени гомогенности. При этом внутрифациальная разнородность может не уступать различиям между фациями.

Приведем другой пример (рис. 9). Вытянутый в длину микроучасток (150×30 м) захватывает две субгидроморфные фации, примыкающие к верховьям эрозионной ложбины со временным водотоком. Своеобразное «продолжение» этой ложбины — полусерийная фация. Она по мере уменьшения концентрации стока в линейные формы сменяется мнимокоренной, занимающей периферию этого мелкого водосборного понижения, возникшего на нижней половине длинного (около 1 км) пологого (3—5°) склона с мощным (более 3 м) покровом пылеватых суглинков.

Фации различаются прежде всего по характеру микро-рельефа. В полусерийной хорошо прослеживаются суффозионные западины и прерывающиеся ложбины. В выделе мнимокоренной фации поверхность склона не имеет сколько-нибудь существенных неровностей. Все же и на ней в слабо выраженной форме встречаются только что отмеченные элементы микро-рельефа.

Из приведенных данных (см. рис. 9), видно, что вместе с возрастанием интенсивности эрозионно-суффозионного микро-рельефа по направлению к вершине ложбины повышается увлажненность почвы и ее гумусированность, а уменьшается густота древостоя. Но наряду с этим имеется много отклонений от общей тенденции, причем на участке полусерийной фации их размах гораздо больше, чем в мнимокоренной. Таким образом, закономерность в целом та же, что и в предыдущем примере.

Заметим, однако, что ситуация, представленная на рис. 8, отличается от рассматриваемой здесь (см. рис. 9). Второй опыт проделан в той части склона, где проходит граница между двумя микроклиматическими частями местности — «озерами холода» и «оазисами» тепла. Первый участок выше этой границы, что отражается, в частности, в количественных значениях температуры почвы.



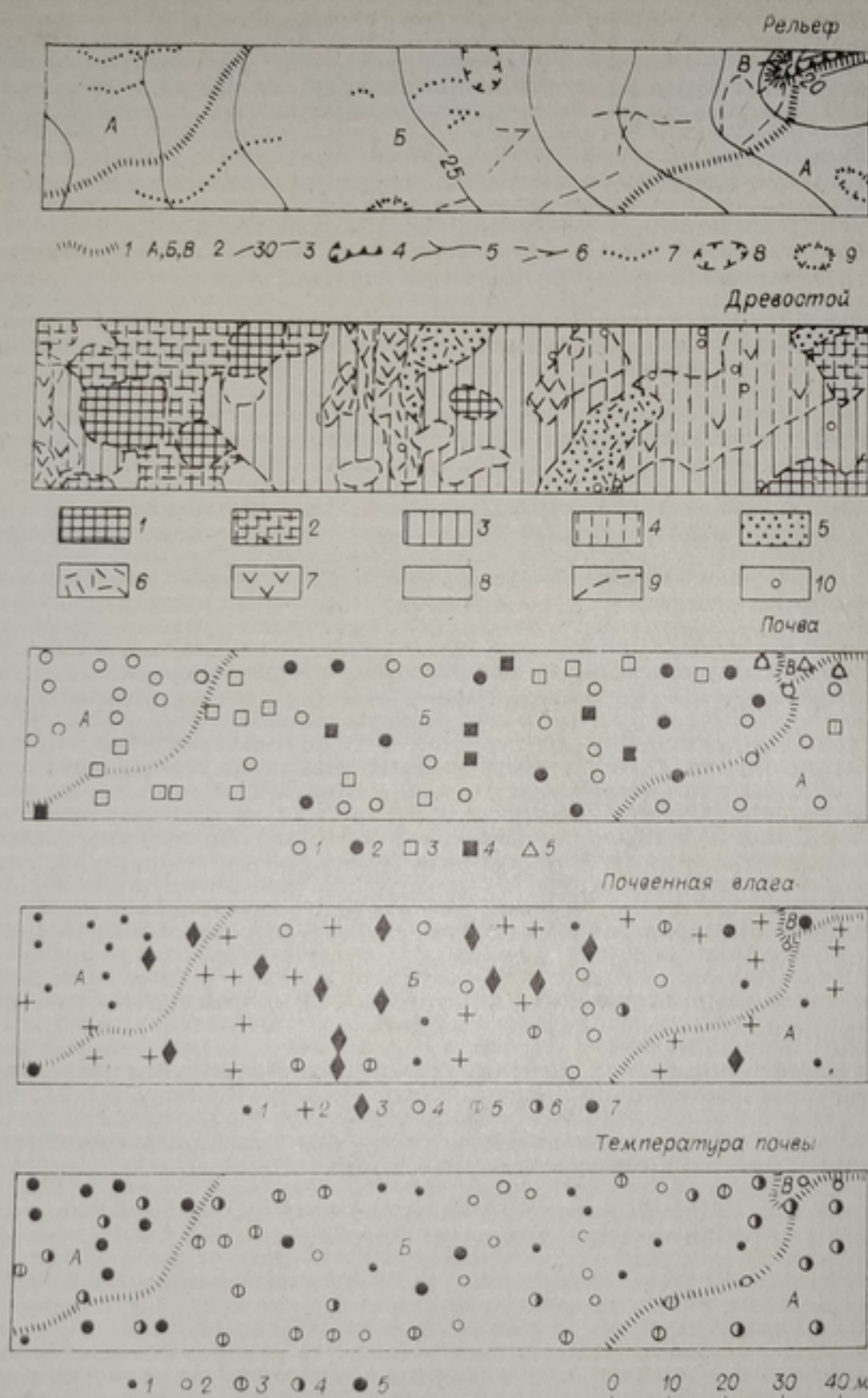


Рис. 9. Мозаичность выделов фаций промежуточного субгидроморфного ряда.

Геосистемы: 1 — условия границы фаций; 2 — фации (А — мнимокоренная; В — полусерийная; В — фрагмент гидроморфной серии). Рельеф: 3 — изолинии высоты над дном долины; 4 — эрозионный врез; 5 — русло временного водотока; 6 — тальвеги отчетливо выраженных микроложбин; 7 — тальвеги слабо

Другое различие связано с состоянием леса. На приводораздельном профиле растет спелый пихтовый древостой, лес в целом моложе, он только приближается к фазе спелости. Здесь больше густота древостоя. И, кроме того, — это особенно существенно — на поверхности почвы сохранился обильный валежник (еще неразложившиеся стволы деревьев прежнего поколения), масса которого в целом увеличивается от периферии водосборного понижения к его центру.

Если учесть, что эти органические остатки сильно ограничивают теплообмен между атмосферой и почвой, вполне объяснима и общая тенденция снижения температуры почвы от края водосборного понижения к вершине ложбины. Как видим, особенности биоты и относительный «избыток холода» в данном случае «перевешивают» тепляющее воздействие на почву проточной влаги.

Вернемся, однако, к внутрифациальной мозаичности. Для изучения последней в качественном смысле, как уж говорилось, предложено понятие парцеллы. Выделение этих единиц предполагает анализ связей между признаками элементарного географического ареала, изменяющимися в его пределах. Рассмотрим рис. 9 с такой точки зрения.

Учитывая только что рассмотренные главные тенденции, можно предположить, в частности, что и в каждом отдельном понижении влажность почвы будет несколько выше, чем на участках между ними. Однако в рассматриваемом примере это не общее правило. Причина тому — как морфологические и динамические различия самих понижений, так и многие другие факторы, влияющие на влажность почвы независимо от микрорельефа. Один из них — неравномерность распределения почвенной органики. Под мощными и крупными нагромождениями валежника почва летом долгое время остается мерзлой, и, следовательно, в ней заметно ограничивается оборот влаги. В конце лета, когда проводились измерения, на ряде таких участков обнаруживались высокие

выраженных микроложбин; 8 — отчетливо выраженные микрозападины; 9 — слабо выраженные микрозападины. Древостой: 1 — группы спелых деревьев; 2 — слабоперестойный с редкими деревьями разных возрастов; 3 — преобладание приспевающих деревьев; 4 — разреженные из приспевающих и средневозрастных деревьев; 5 — редины; 6 — нагромождения опавших стволов; 7 — пятна угнетенного тонкомера («снеговал»); 8 — «окна»; 9 — границы выделов; 10 — отдельные старые лиственницы. Почвы: 1 — подзолистые нормальные и со слабо выраженными вторыми гумусовыми горизонтами; 2 — подзолистые с сильно выраженными вторыми гумусовыми горизонтами; 3 — темноокрашенные подзолистые с умеренно выраженными гумусовыми горизонтами; 4 — глеево-окрашенные с сильно выраженными вторыми гумусовыми горизонтами; 5 — глеево-окрашенные с сильно выраженными вторыми гумусовыми горизонтами; 6 — глеево-окрашенные с сильно выраженными вторыми гумусовыми горизонтами. Запас почвенной влаги в слое 0—50 см, мм: 1 — 200—250; 2 — 200—250; 3 — 250—300; 4 — 300—350; 5 — 350—400; 6 — 400—450; 7 — больше 450. Температура почвы на глубине 20 см, °C: 1 — 2,6—3,5; 2 — 3,6—4,5; 3 — 4,6—5,5; 4 — 5,6—6,5; 5 — 6,6—7,5. Влажность и температура почвы определялись в середине третьей декады августа 1972 г. после аномально-обильных осадков в предшествовавший период.



значения влажности почвы, хотя пункты наблюдения не всегда находились в микропонижениях. Но и влияние валежника на влажность почвы (в аспекте внутрифациальной мозаичности) неоднозначно. Толщина скоплений опавших стволов и величина покрываемой ими площади, расположение их относительно линий стока, полей, биогрупп, деревьев и т. д. делают эту связь довольно неопределенной.

Практически границы парцелл проводятся по признакам растительного покрова. Выделенные таким способом единицы, как правило, отличаются также по состоянию других компонентов. Это показано специальными исследованиями (Дылис и др., 1973). Все же открытым остается другой вопрос: в какой мере проводимые на таком уровне геоботанические границы согласуются с наиболее существенными рубежами в почвенном покрове и минеральном субстрате, насколько они совпадают с конфигурацией элементов микрорельефа, главнейшими различиями в полях температуры, влажности, химизма и другими показателями? Из этого вопроса вытекает и следующий: всегда ли сопутствуют внутривидовым единицам растительности типически повторяющиеся комбинации состояния всех остальных факторов в пределах элементарного ландшафтно-географического ареала?

Эта сторона вопроса пока изучена слабо. Но она представляет несомненный интерес для оценки биогеоценозов, т. е. выделов фаций с точки зрения их расщепленности.

Детальное картографирование внутреннего строения таежных фаций показывает, что возможны три случая. Первый — внутрифациальные мозаики разных факторов имеют мало общего между собой, границы отсутствуют, и нет сколько-нибудь выраженной тенденции к совпадению частных границ. Второй — намечается частное совпадение внутри некоторых компонентов. Третий — наиболее существенные внутрифациальные границы состояний одного фактора в основных чертах отражают внутрифациальную мозаичность также всех или большинства остальных компонентов. В результате этого выдел фации оказывается как бы расщепленным на мелкие участки, отличающиеся друг от друга типически повторяющимися признаками всех компонентов (рис. 10).

По существу, это три качественно разных типа внутрифациальных единиц, или, если пользоваться принятым в биогеоценологии термином, парцелл. Как комплексные единства они различаются по степени обособленности внутри фации. Самая низшая степень обособленности свойственна первому типу, средняя — второму и высшая — третьему. Последний фактически уподобляется фации и на ландшафтных планах иногда выделяется в качестве таковой. Второй с ландшафтных позиций напоминает так называемый неполный комплекс. У единиц первого типа границы являются одно- или малоком-

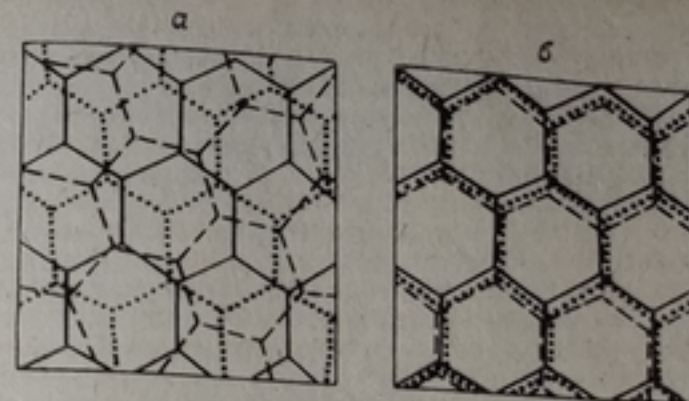


Рис. 10. Крайние типы мозаичности выдела фации:

а — монолитный выдел; б — расщепленный. Разными линиями обозначены компонентные единицы внутри выдела фации.

понентными. Таким образом, приведенные выше категории можно рассматривать как разные с ландшафтной точки зрения организационные уровни внутрифациальных единиц.

Принимая во внимание только что изложенные различия, на несколько категорий можно подразделить и фации. Так, в одних элементарных ландшафтных ареалах встречаются внутрифациальные единства только низшего — покомпонентного ранга. Здесь растительное сообщество, почва, минеральный субстрат, форма земной поверхности, геохимические, физические и биотические показатели не вполне одинаковы в разных частях выдела фации. По каждому из них, взятому в отдельности, как правило, возможно расчленение площади, занятой данной фацией. Но такое расчленение практически невозможно по ландшафтным критериям, поскольку не наблюдается сколько-нибудь определенной связи в локализации главнейших компонентных границ. Участок земной поверхности, таким образом, представляется весьма монолитным с ландшафтной точки зрения и в большей мере соответствует определению выдела фации как элементарного гомогенного в ландшафтном смысле ареала. К этому типу строения близка фация со сравнительно невеликой контрастностью внутри выделов, в приведенных выше примерах коротко называемая коренной плакорной.

Выделам многих других фаций такая монолитность, однако, не свойственна. Здесь наряду со слабообособленными внутрифациальными единицами встречаются также средне- и сильнообособленные. Характерным примером в высокой степени расщепленных фаций являются серийные. В качестве примера на рис. 11 показан участок аллювиально-криоморфной серии.

Значительную часть этого фациального выдела занимают, в частности, два типически повторяющихся внутрифациальных единства высшего уровня, которые могут быть



названы протофациями (Крауклис, 1973). Одно из них — мерзлотные бугры с биогруппами темнохвойных деревьев, на перегнойных почвах различной степени оглеенности и оподзоленности; второе — мочажины с куртинами кустарников, осоковыми кочками и микрогруппировками гидрофильных растений на постоянно пропитанных водой глеевых почвах, состоящих из чередующихся прослоек органических остатков и песчанисто-пылеватых минеральных наносов. Обычно такое пятно имеет площадь в несколько десятков квадратных метров, но иногда и больше 100 м<sup>2</sup>. Они не «умещаются» в масштаб даже детальных ландшафтных карт, и уже поэтому практически объединяются в один фациальный выдел. Но, конечно же, сама по себе ограниченность площади не может служить достаточным основанием для признания этих единств «неполноценными» ландшафтными единицами.

Принципиальное разрешение вопроса, очевидно, может дать изучение функционирования элементарных геосистем. Возникновение бугристо-мочажинного микрорельефа, столь сильно расщепляющее выдел фации, связано с некоторым уровнем избыточности увлажнения почвогрунтов, определенным термическим режимом, создающим предпосылки для развития мерзлотных процессов (Войлошников, 1969). Немаловажным фактором в динамике этого микрорельефа является жизнедеятельность древостоя. Возрастному развитию древесных биогрупп здесь сопутствуют значительные изменения (рост и разрушение) отдельных элементов микрорельефа, а иногда возможна даже «инверсия» в течение жизни одного поколения леса, т. е. превращение бугров в западины и наоборот. Кроме того, важными факторами являются поверхностные воды, весной частично заливающие эти местоположения, или наледи, изредка (т. е. не каждый год) образующиеся здесь в зимние месяцы.

В целом резкая микроконтрастность и высшая степень внутрифациальной мозаичности указывают на явную неуравновешенность между мобильной составляющей геосистемы, с одной стороны, инертностью и биотической активностью — с другой. Эти выделы от выделов других фаций отличаются особо высокой интенсивностью и размахом пертурбаций, т. е. возмущений, вызываемых внешним окружением и внутренними факторами.

Подмеченными здесь особенностями, конечно, не исчерпывается проблема изучения горизонтального строения выделов фаций. Однако сказанное выше подтверждает, что это весьма существенная для понимания природы фаций тема. В степени и характере внутритопической разнородности природных условий отражается динамичность фаций, обусловленная соотношением их внутреннего содержания, с одной

стороны, и внешней среды — планетарно-регионального фона и ближайшего местного окружения — с другой. Выделенные нами типы внутрифациальной мозаичности показывают, что фации неравноценны в структурно-динамическом отношении. В одном конце ряда находятся расщепленные, слабые, как географические «молекулы», серийные фации, в противоположном — монолитные выделы коренной фации. Остальные являются как бы промежуточными звеньями.

Здесь сравнивались только фации, существующие в одном ландшафте, т. е. при одинаковых фоновых условиях. Поэтому подмеченные различия обусловлены главным образом локальными факторами, осложняющими фон.

Ясно, однако, что внутритопическая неоднородность природных условий зависит также от фоновых условий. Намеченный здесь подход дает возможность поставить на более широкую основу разработку вопроса о структурно-динамических категориях фаций (кренной, мнимокоренной и серийной), который теперь практически решается только во внутриландшафтных, топических масштабах.

Наконец, надо подчеркнуть, что исследование внутрифациальной мозаичности имеет весьма существенное методическое значение для развития экспериментального подхода. Здесь ландшафтоведы особенно близко подходят к тому уровню рассмотрения геосистем, на котором осуществляются точные физические, химические, биологические измерения, проводимые отраслевыми специалистами. Здесь особенно видно, что проводимое ландшафтоведом исследование форм варьирования и взаимосвязи этих показателей в пределах топов — неотъемлемая часть эксперимента.

#### ФАКТОРАЛЬНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ РЯДЫ

Учитывая изложенные представления о неравноценности фаций по структуре и динамике их выделов и по характеристикам временной организации (упорядоченности совершающихся в фациях явлений), обратимся к рассмотрению критериев, по которым может быть произведена систематизация разнообразия фаций.

Одна из форм такой систематизации — отнесение фаций к геосистемам более высоких рангов — к геомерам и геохорам. Первые из них — обобщенные ландшафтные категории, так же как фации, проявляющиеся в пределах элементарного ареала. Это — группа фаций, классы фаций, геомеры и т. д. В таком ряду фация представляет первичный или элементарный геомер. Геосистемы второго ряда — геохоры — это разной степени сложности композиции смежных геосистем. В состав геохор выделы фаций входят в качестве отдельных



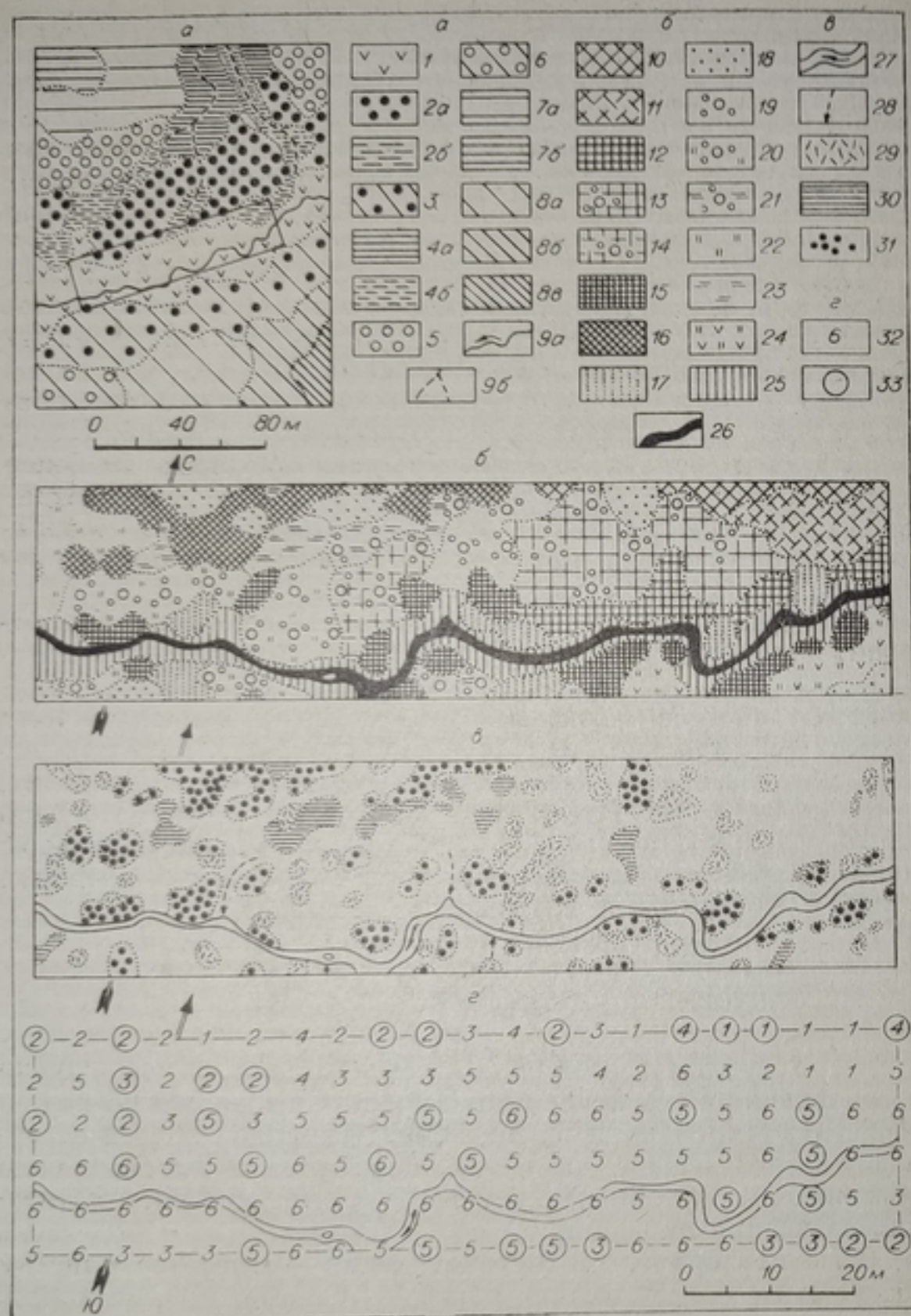


Рис. 11. Мозаичность выдела аллювиально-криоморфной серии.

а — локальное окружение. Серийная фация: 1 — аллювиально-криоморфная (в пойме); полусерийные микротермные: 2 — криогидроморфная (на осложненном мерзлотным вспучиванием грунта конусе выноса), 3 — литокриогидроморфная (у подножия траппового склона), 4 — субгидроморфная (в ложине временного водотока), 5 — субкриоморфная (у подножия водосборного склона); 6 — литосубкриоморфная (в нижней части траппового склона, выположенной); мнимокоренные микротермные: 7 — субгидроморфная (в нижней части водосборного склона); 8 — сублитоморфная (в нижней части траппового склона, выпуклой). Прочие обозначения: 9а — ручей; 9б — тальвеги

пространственно-функциональных частей, связанных отношениями смежности и взаимодействия. Любая геохора, таким образом, включает смежные выделы по меньшей мере двух фаций.

Только что изложенное представление о выделении, анализе и систематизации геосистем, начиная с элементарных ячеек, в ландшафтоведении называется подходом «снизу». Но этот путь может быть назван также подходом «изнутри», поскольку выделение геосистем производится по признаку их внутренних связей. Наряду с тем существует другой путь — «сверху» или «снаружи», т. е. выделение и изучение геосистем, исходя из природных единств более высокого порядка, из связей внешних по отношению к геосистемам подчиненного уровня. Оптимальным в ландшафтоведении признается сочетание обоих способов, так как они взаимно дополняют друг друга. Это представление соответствует и одному из основных положений системного подхода — требованию рассматривать исследуемый объект в соотношении с его внешней средой.

С такой точки зрения нами сформулированы три положения относительно выделения, изучения и обобщения фаций и их выделов (Крауклис, 1967; 1969а, б; 1974; Krauklis, 1972). Суть этих положений такова. Элементарные ландшафтные единицы познаются следующими путями: сравнением с общим фоном ландшафта — условиями, непосредственно вытекающими из планетарно-региональных факторов; анализом зависимости свойств топов от локального окружения и их функциональной роли в местных геохорах; выявлением связей, объединяющих разные временные состояния каждой фации в единое целое, определяющих тенденции ее изменчивости и степень внутренней завершенности как геосистемы.

Эти положения вытекают из прежнего опыта ландшафтных исследований. Вместе с тем они находятся в главном русле познавательных и конструктивных интересов современ-

временного водотока. Добавлением буквенного индекса в остальных случаях показаны некоторые внутрифациальные модификации. Площадь внутри прямоугольника изображена на планах б, в, г.

б — растительный покров. Фрагменты мелкоствольного леса: 10 — елово-пихтового травяно-зеленомошного; 11 — елового травяного с зеленомошными пятнами; 12 — пихтово-березово-елового с редким кустарником травяного. Древесно-кустарниковые группировки: 13 — пихтово-березово-еловая смородинно-ольховниковая; 14 — березовая с елью смородинная. Группа деревьев: 15 — преимущественно из крупных елей, травяные; 16 — из ели, пихты, березы, травянисто-моховые. Искори и нагромождения валежника: 17 — преимущественно кустарниково-травяные; 18 — травянисто-моховые, отчасти со стланиковой пихтой. Кустарниковые группировки: 19 — сомкнутые ивово-ольховниковые; 20 — осветленные ивовые; 21 — смородинные. Травяные группировки с редким кустарником и единичными деревьями: 22 — с господством *Carex caespitosa*; 23 — *Calamagrostis langsdorffii*, *Carex ortostachys*; 24 — *Calamagrostis abtusata*; 25 — *Calamagrostis langsdorffii* и пятнами незаросшего найка; 26 — русло ручья.

в — главные элементы микрорельефа: 27 — русло ручья; 28 — тальвеги боковых притоков; 29 — западины; 30 — мочажины; 31 — бугры. г — почвенный покров: 32 — названия почв в пунктах опробования (1 — перегнойно-глеевая оподзоленная, 2 — перегнойно-глеевая, 3 — перегнойно-глеевая со следами аллювиальных наносов, 4 — аллювиально-дерновая глеевая, 5 — аллювиально-глеевая слабообразованная); 33 — имеется мерзлота, нарастающая к началу позднелетней сезонной фазы.



ного ландшафтоведения, а также согласуются с общим направлением развития его методических принципов. Сформулированные положения получили воплощение в виде системы факторально-динамических рядов фаций, которая нами предлагается в качестве модели экспериментального изучения, теоретического анализа и практической оценки геосистем на геотопологической основе.

Идея сопоставления свойств фаций с планетарно-региональным фоном ландшафта вытекает уже из работ В. В. Докучаева, а главным образом его выдающихся последователей Г. Н. Высоцкого, С. С. Неуструева и других представителей генетического и комплексно-географического почвоведения, а также смежных наук. Эти ученые ввели категории «зональное» и «интразональное». Первая относится к почве, свойственной именно данной зоне и отражающей наиболее типичное для этой природной зоны сочетание главных почвообразующих факторов. Интразональными называются почвы, в которых резко превалирует воздействие какого-либо одного или нескольких факторов и которые поэтому не обнаруживают явной приуроченности к одному определенному зональному подразделению географической среды. Подобным образом зональность и интразональность определяются при анализе растительного покрова, ландшафтных особенностей территории и других явлений.

Г. Н. Высоцкий пришел к заключению, что равнинность и суглинистый состав материнской породы — основные условия проявления нормального, или зонального, почвообразования. При отклонении от этих условий и формируются интразональные почвы, которые им квалифицируются как «топический («местный» тип)», почвенных образований (Высоцкий, 1962, т. 2, с. 92—102, 366). Среди причин такого отклонения от нормы первостепенное значение Г. Н. Высоцкий придавал существованию на местности наряду с «нормальными» равнинными местоположениями (плакорами) других позиций *toros* — прежде всего понижений местного рельефа и подножий склонов. В этих топах возникает наиболее характерная группа образований, обычно относимых к интразональным, — заболоченные природные комплексы, болота, поймы и т. п. Кроме того, интразональность связывается с различиями минерального субстрата, а также некоторых других факторов.

Здесь не будем вдаваться в многочисленные вопросы, возникшие по ходу использования и развития представления о зональности и интразональности, оказавшиеся, впрочем, не вполне разрешенными. Но в предложениях В. В. Докучаева и Г. Н. Высоцкого, на наш взгляд, особенно рациональна идея нормы и отклонений от нее, позволяющая весьма продуктивно подойти к систематизации данных в топографических масштабах, не теряя при этом из виду общегеографических зако-

номерностей. Фациальный состав ландшафта как наименьшего региона может быть представлен следующим образом.

За «начало отсчета» берется топологический центр ландшафта — фация суглинистых, хорошо дренированных плакоров. Эта фация рассматривается как фоновая норма, обусловленная положением данного ландшафта в системе широтной зональности, долготной секторности и высотной ярусности географической среды, а также генезисом и ландшафтной историей региона в целом. Остальные фации рассматриваются как закономерные отклонения от этой макрогеографической нормы. На основе их сравнения с плакорной выявляются свойственные изучаемому ландшафту направления такого отклонения и определяется степень отличия каждой фации от нормы.

Этот принцип показан на рис. 12. В центре круга — плакорная фация. Расходящимися отсюда линиями обозначены главнейшие направления «локализации» фоновой нормы, названные нами факторально-динамическими рядами. Периферия круга знаменует крайние пределы отклонения природных условий в элементарных выделах ландшафта от его общего фона. Внутренние концентры соответствуют грациям каждого ряда по степени отклонения фаций от плакорной.

Рассмотрим подробнее это построение, составленное для одного из характерных ландшафтов приангарской тайги — Причунского (см. рис. 6).

Нормой здесь является фация пихтового осочково-мелкотравного леса со средне- и сильноподзолистыми суглинистыми почвами на присклоновых участках водораздельных равнин. Узловые направления внутриландшафтного изменения природных условий таковы.

Сублитоморфный ряд, обусловленный сокращением мощности почвы и сопутствующим этому явлению усиленным вовлечением в геосистему первичного минерального субстрата (переход суглинистого плакора в каменные останцы и скалы).

Субгидроморфный (субфлювиальный) — превращение сухопутных фаций в зачаточные звенья гидросети, своего рода земноводные геосистемы — коллекторы влаги в системе естественного дренажа (переход плакора в водотоки).

Субкриоморфный — снижение количества тепла, появление горизонта длительно действующей мерзлоты (переход плакоров в локальные «озера холода»).

Субстагнозный — усугубление застаивания вещества из-за равнинности: развитие горизонта верховодки, подтягивание к геосистеме грунтовых вод, замещение почвы отмершей органикой (переход плакоров в верховые болота).

Субпсамморфный — нарастание физико-химической пассивности, механической рыхлости, биолого-экологической опу-



стоенности почвы (переход суглинистых плакоров в песчаные пустоши).

Здесь указаны лишь основные направления. Помимо этих «однофакторных» рядов есть также «многофакторные», как об этом можно судить по легендам карт, помещенным на рис. 5 и 7. В целом совокупность факторально-динамических рядов — многомерная система, практически недоступная наглядному — графическому изображению на плоскости. Поэтому и на рис. 12 она дана в упрощенном виде.

В таежном ландшафте, применительно к которому составлена схема, весьма специфичное место занимает субкриоморфный ряд. В «чистом» виде он почти не представлен. Но в определенных ситуациях он как дополнительный фактор накладывается на все остальные ряды. Это — следствие общего дефицита тепла в тайге, в результате чего в многомерной системе факторально-динамических рядов субкриоморфный ряд выступает как особо важная координата.

Практически эта особенность нами учтена следующим образом. Выделены три варианта всех рядов (кроме субкриоморфного): основной, промежуточный, микротермный. На рис. 12 показаны основные, или полные ряды. Промежуточные ряды составляют другой цикл, в центре которого полукоренная субкриоморфная фация (встречаемая чрезвычайно редко). Они, таким образом, укорочены. Еще более сокращены микротермные ряды, исходящие из мнимокоренной субкриоморфной фации.

На рис. 13 дана приближенная сравнительная характеристика термических условий этих трех циклов. Основной цикл прослеживается в области (III), где в три летние фазы (см. гл. III) температура воздуха практически никогда не опускается ниже  $0^{\circ}$ , а средний суточный ее минимум обычно не ниже  $10^{\circ}$ . Промежуточная (II) область начинается с местоположений, где летом почти не бывает теплых ночей (с температурой выше  $15^{\circ}$ ), зато случается охлаждение до близких к  $0^{\circ}$  величин. Микротермная (I) область лишена

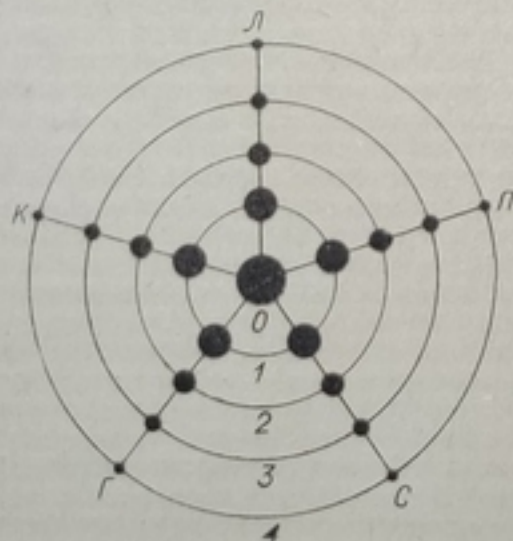


Рис. 12. Схема системы факторально-динамических рядов фаций.

Степень отклонения от планетарно-региональной нормы: 0 — коренная фация; 1 — полукоренные; 2 — мнимокоренные; 3 — полусерийные; 4 — серийные. Главнейшие направления отклонения от нормы — факторально-динамические ряды: Л — сублимфоморфный; П — субпсаммоморфный; С — субстагнозный; Г — субгидроморфный; К — субкриоморфный.

теплых ночей, а близкие к  $0^{\circ}$  температуры возможны во все летние фазы.

Далее обратим внимание на «периферийные» фации. Это участки разных рядов. Общим для этих выделов является, однако, то, что часто они лишены самой главной черты типично таежных геосистем — развитого древостоя из хвойных пород. Последний в большинстве случаев представлен редколесьями или разомкнутыми биогруппами деревьев и нередко уступает эдификаторную роль кустарниковым жизненным формам, травянистым растениям, мхам. Здесь отсутствует или сильно редуцировано характерное для таежных плакоров подзолообразование в почвах. Зато встречаются мощные гумусовые и перегнойные горизонты, слои торфа, или, наоборот, почти неосвоенные почвообразованием свежий аллювий, скелетный субстрат разрушения коренных пород, древние пески.

Расхождение всех этих фаций с представлениями о «зональном» типе таежных биогеоценозов очевидно. Но здесь выступает и другая важная особенность. Серийные фации постоянно находятся как бы в переходном состоянии. В этом смысле они уподобляются выделяемым в геоботанике и экологии серийным сообществам, которые отличаются неустойчивостью, но под влиянием внутренних механизмов стабилизации постепенно превращаются в устойчивые ценозы — зрелые, или климаксные. Элементарным ландшафтным единицам также свойственна тенденция перехода из менее стабильного и менее заверщенного состояния в более стабильное, заверщенное, что отражается и в схеме (см. рис. 12).

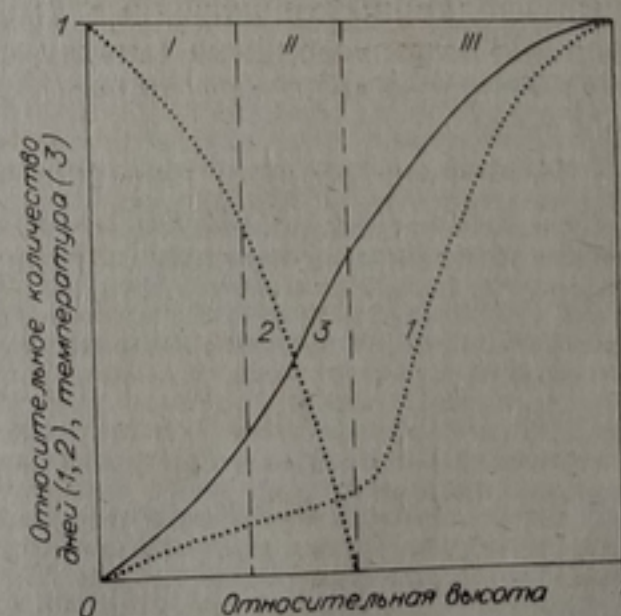
Уже Г. Н. Высоцкий (1962) зональные почвы относил к климаксной категории. С. С. Неуструев (1930, с. 139—140)

Рис. 13. Внутриландшафтные различия по теплообеспеченности.

Области: I — «притока холода»; II — промежуточная; III — «оттока холода». Минимальная температура воздуха в летние месяцы (июнь — август): 1 — количество дней со слабым ночным охлаждением (суточный минимум выше  $15^{\circ}$ ); 2 — количество дней с сильным ночным охлаждением (суточный минимум ниже  $0^{\circ}$ ); 3 — средний за летние месяцы суточный минимум температуры воздуха.

Данные представлены в безразмерных единицах в виде отношения  $\frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$ , где  $X_i$  — значение исследуемого показателя в данном пункте;

$X_{\min}$  — наименьшее и  $X_{\max}$  — наибольшее значение показателя в рассматриваемой совокупности пунктов. Для кривых 1, 2 и 3 значения  $X_{\min}$  равны соответственно 1 — 0—7,5;  $X_{\max}$  — 19 — 11—11,3; разность высот 59 м.





отличал почвы склонов, которые «непрерывно образуются, находятся в процессе становления», от почв плато, в определенной степени сформировавшихся. В нашем случае наибольшей завершенностью обладает расположенная в центре системы фация, называемая коренной. В таком своем качестве она противоположна подверженным частой и сильной перестройке серийным фациям — образованиям, переходным между водными и сухопутными геосистемами (гидроморфным), промежуточным между почти абиогенным природным комплексом обнаженной скалы и выражено биогенно-таежным (литоморфным сериям), биогеоценозам, испытывающим постоянные пертурбации под воздействием мерзлоты и недостатка тепла (криоморфным) и т. д.

В. Б. Сочава (1962) ввел три динамические категории для обозначения фаций — коренные, мнимокоренные и серийные геосистемы. Приведем их определение, уточненное с учетом изложенных здесь представлений.

«Фации, где в силу условий среды не достигнута стабилизация строения и режимов биогеоценозов, называются серийными. Те фации, в которых серий смен завершаются установлением относительной устойчивости биогеоценозов, рассматриваются как коренные. Кроме того, имеется группа фаций промежуточного типа (мнимокоренные), для которых характерно гипертрофированное воздействие одного или нескольких факторов среды, придающее биогеоценозам значительную потенциальную динамичность, но наряду с этим при определенных условиях — долговечность» (Сочава, Крауклис, Снытко, 1974, с. 7). В таком значении эти термины применены также на рис. 12, причем введены еще две промежуточные градации: полукоренные (между коренной и мнимокоренной) и полусерийные (между мнимокоренными и серийными) фации для более полного охвата реального разнообразия.

Концепция серий и климакса и схождение разного рода серий в процессе взаимодействия биотических сообществ с их местообитанием к одному завершающему состоянию (эквивинальному, по современной системной терминологии) — климаксу — достаточно широко обсуждалась в литературе. Повидимому, нет надобности останавливаться на работах Клементса (Clements, 1949) и многих других ученых, рассматривающих эту проблему в экологии, а отчасти и в других дисциплинах. Но при этом нельзя не задаваться таким вопросом: следует ли из рис. 12, согласно которому факторально-динамические ряды соединяются в коренные фации, что вся территория ландшафта со временем окажется занятой одной-единственной фацией?

Нет, не следует, как это, собственно, подчеркнуто уже в предыдущем разделе. В исследованиях динамики смен кли-

макс и серии чаще всего изучались как компонентные системы (геомеры). Между тем, как мы уже подчеркивали, любая фация существует только в системе пронизывающих ее материальных связей с пространственно-смежными и более удаленными фациями, т. е. в составе определенной геохоры. Ввиду интенсивности эти горизонтальные взаимодействия в элементарных ландшафтных выделах определяют ход и направление смен не в меньшей мере, чем это делают взаимодействия компонентов внутри отдельных топов и влияния широкомаштабных фоновых процессов.

Поэтому смены переходных фаций завершающими — лишь одна тенденция. Ей противостоит другое явление — пространственно-функциональная дифференциация геосистемы. В зачаточной форме, как было показано выше, такая дифференциация проявляется уже внутри выдела фации. Но в полном смысле слова она свойственна геохорам — урочищам, местностям, ландшафтам и т. д. Действительно, таежный ландшафт немыслим, например, без водотоков, а стало быть, и без водосборных, водораздельных, прирусловых и многих других местоположений, поэтому весь цикл ландшафтообразующей деятельности влаги не уместится в одной фации. Отсюда — внутриландшафтное многообразие фаций, различия направлений их смен и динамических состояний.

Четкое разделение компонентного аспекта геосистемы (геомеров) и ареального (геохор) для их максимально органического объединения в целях познания пространственно-временной структуры ландшафта, как видим, — принципиально важное условие правильного решения вопросов динамики смен. Соблюдение этого требования пока не является практическим правилом ни экологических, ни ландшафтных интерпретаций сукцессии и климакса.

Характеристика зависимости фации от внешнего локального окружения и ее функциональной роли в местных геохорах содержится в характеристике местоположения. Подробную классификацию форм «залегания в рельефе» элементарных ландшафтных ареалов и анализ динамических ситуаций, складывающихся в разных местоположениях, оставил Л. Г. Раменский (1938). Первостепенное значение он при этом придавал закономерностям местного перераспределения влаги, степени и формам дополнительного увлажнения местоположений.

Вообще при рассмотрении местоположений во внимание принимаются главным образом три фактора — неровность местного рельефа, создающая различия по высоте между участками земной поверхности, гравитация, обуславливающая общую направленность связи от верхних элементов поверхности к нижним, и вода — наиболее важный агент, осуществляющий эту связь. Такой тип сопряженности местоположений



К. Г. Раман (1972) называет гравигенным. Частный его случай — геохимическая сопряженность элементарных ландшафтных ареалов, которые по характеру взаимного влияния делятся на независимые, транзитные и подчиненные (Полынов, 1956; Глазовская, 1964; Перельман, 1975).

Геохимический подход внес наиболее ощутимый вклад в экспериментальное изучение пространственных взаимоотношений в геохорах и влияния этих отношений на внутренние свойства каждой фации в отдельности. Степень геохимической подчиненности может служить весьма фундаментальной характеристикой связи фации с ее внешним окружением.

Тем не менее при более общем рассмотрении подчиненными элементарными подразделениями могут быть также геохимические независимые, или автономные, фации, занимающие возвышенные местоположения, так как их внутренний режим зависит от выноса вещества, интенсивность которого в значительной мере определяется свойствами окружающих местоположений. Последние могут усиливать удаление вещества гравигенными потоками (что наблюдается, например, на прибрежных полосах над крутыми склонами) или ограничивать (в частности, в глубь водораздельных равнин, не освоенных эрозионной сетью). Таким образом, и в том и в другом случае, фация также подчинена своему геотопологическому окружению.

Чтобы этот аспект горизонтальной связи не смешивать с непосредственной геохимической подчиненностью, для характеристики местоположения фации в более широком смысле, имея в виду все направления и формы горизонтальных связей, будем использовать обозначение «давление окружения». Очевидно, разные фации в составе ландшафта подвержены неодинаково сильному давлению ближайших окрестностей. Этим в конечном итоге объясняется различное отклонение фаций от фоновой нормы и их внутренней завершенности как геосистем.

Перечисленные выше ряды выступают как интегральные типологические характеристики форм давления на фации смежных топов. Определение фации путем указания ее места в системе факторально-динамических рядов, таким образом, содержит обобщенную информацию в первую очередь о специфике положения, занимаемого данной элементарной геосистемой в ландшафте. Но в то же время это характеристика и особенностей внутреннего режима фации.

Таким образом, все три указанные в начале настоящего раздела показатели свойств фации — отличие от фона, зависимость от ближайшего окружения, завершенность — определенным образом взаимосвязаны. Уже приведенные данные и соображения позволяют предполагать, что с ними коррелируют также особенности горизонтального строения элементар-

ных ландшафтных ареалов и их временной структуры, в том числе изменчивость. В интегральном виде это отражается в системе факторально-динамических рядов.

Построение и анализ системы факторально-динамических рядов основаны, стало быть, на выявлении крайних по своим динамическим свойствам фаций, выступающих как своеобразные топические «полюсы» ландшафта. Один «полюс» образует совокупность серийных фаций, второй — коренная. Упорядочение остальных фаций по отношению к этим крайним элементам и выявление интегральных факторов, связывающих оба полюса, — дальнейший этап анализа.

Отметим еще, что наиболее контрастны именно серийные фации. По мере приближения к коренной различия между рядами уменьшаются. Однако, по-видимому, не во всех ландшафтах такая коренная фация имеется в природе. Тогда система не имеет одного центра, и факторально-динамические ряды начинаются с полукоренных или даже мнимокоренных фаций. Тем не менее и в таких случаях представление о центральной фации весьма полезно для построения и анализа всей модели, но для этого оно должно быть составлено путем теоретического анализа.

Анализ ландшафта и фаций с помощью построения системы факторально-динамических рядов до сих пор нами осуществлялся преимущественно чисто качественным и эмпирическим путем. Но в результате исследования наметились некоторые возможности подойти к проблеме с помощью более точных количественных критериев. В этом смысле представляют интерес прежде всего три направления.

Первое — использование степени и формы неоднородности элементарного ландшафтного ареала как критерия для отнесения фации к одной из динамических категорий — коренной, мнимокоренной или серийной. Второе — анализ временных связей между осуществляющимися в фациях природными явлениями и их горизонтальной сопряженности. Это наиболее фундаментальное (но и наиболее долгосрочное) экспериментальное направление, которое может дать строгие критерии фоновой нормы, направления и степени внутриландшафтного отклонения от нее, изменчивости и завершенности фаций, давления, оказываемого на них топическими окрестностями. Третье — изучение взаимосвязи между варьирующими на местности признаками фаций. Собственно отсюда нами и начато построение факторально-динамических рядов. Однако в силу большого количества признаков, присущих геосистемам, чисто качественными способами практически невозможно сколько-нибудь полно использовать имеющиеся данные. Для этого нужна формализация задач на статистической основе.

В более широком объеме такой подход будет использован в следующей главе. Здесь только отметим, что на начальном



(сравнительно-географическом) этапе принципы выделения и анализа факторально-динамических рядов во многом созвучны статистическим методам, в особенности методу главных компонент. В гл. III эти возможности будут рассмотрены подробнее, учитывая результаты экспериментальных ландшафтных исследований на стационаре.

\* \* \*

Таким образом, объект экспериментального ландшафтоведения — геосистема как функциональное единство инертных, мобильных и биотических активных элементов окружающей человека природной среды, связанное с физической поверхностью Земли. На данном этапе весьма актуально познать это единство через изучение физико-географических фаций как элементарных геосистем, исходя из таких положений.

Непосредственно наблюдаемое в природе проявление элементарной геосистемы — выдел фации (топ или биогеоценоз). Любой такой выдел существует только в системе функциональных и других отношений с внешним окружением и, следовательно, геосистемами более высоких порядков.

Фация представляет систему разного рода своих переменных состояний. Значительное число их можно наблюдать в один и тот же момент времени в виде локализованных в разных частях ландшафта выделов данной фации. Без учета совокупности присущих фации переменных состояний ее нельзя понять как геосистему.

В пределах фации компоненты геосистемы не являются монолитными телами, из-за чего известная пространственная расщепленность свойственна также элементарному ландшафтному выделу. Каждая фация обладает своей специфической мерой расщепленности.

Между внутренним строением и внешним окружением элементарной геосистемы, ее пространственными и временными структурами есть тесная взаимосвязь. Это одно из важнейших положений, определяющих предпосылки и задачи экспериментально-ландшафтных исследований.

Особого внимания заслуживает то обстоятельство, что с уменьшением градаций земной поверхности увеличиваются относительные различия (градиенты) между приуроченными к ним ландшафтными подразделениями. Самые высокие градиенты в географическом поле существуют на уровне фаций. Выделы последних поэтому гораздо сильнее подвержены изменениям под воздействием окружения, чем ландшафтные единицы остальных рангов.

С сокращением размеров ландшафтных подразделений уменьшаются также объем и разнообразие одновременно вмещающихся в геосистему элементов. Фация в один и тот же

момент времени может вместить наименьшее число необходимых для независимого функционирования геосистемы элементов. Этим значительно усиливается динамичность фации по сравнению с геосистемами других уровней.

В силу указанных обстоятельств процессы и их характеристики, свойственные также геосистемам остальных ступеней, в топической области выступают в наиболее наглядной и доступной экспериментальному изучению форме.

Для глубокого экспериментального изучения фаций и увязки получаемых результатов с закономерностями планетарного и регионального порядков существенное значение имеет представление о ландшафте, или макрогеохоре, как наименьшем регионе. Последний можно рассматривать как множество неравноценных в структурно-динамическом отношении фаций, отражающих проявление макрогеографических закономерностей в разных локальных ситуациях.

Одной из важнейших интегральных моделей такого исследования может служить система факторально-динамических рядов фаций. Она предполагает познание ландшафта и входящих в его состав элементарных геосистем путем: а) сравнения фаций с фоном макрогеохоры, обусловленным планетарно-региональными факторами; б) анализа зависимости свойств фаций (в особенности временной организации и внутрифациальной неоднородности) от их локального окружения; в) выявления свойственных данному ландшафту направлений отклонения фаций от фона.

Метод факторально-динамических рядов — перспективный способ синтеза данных об инертном, мобильном и активном проявлениях геосистемы. Предлагаемая концепция обеспечивает взаимно согласованное изучение природного географического комплекса по моносистемной (геомерной) и полисистемной (геохорной) моделям. Принцип факторально-динамических рядов естественно увязывает топические данные с регионом в целом. Он также дает возможность анализировать геосистему с учетом их пространственных отношений и временных характеристик.

Система факторально-динамических рядов отражает структурные и динамические отношения между геосистемами в обобщенном виде. Конкретно-пространственную сторону этих отношений фиксирует ландшафтная карта. Сочетание обоих подходов к ландшафтному синтезу увеличивает эффективность каждого из них в отдельности и экспериментального исследования в целом.



ОПЫТ СТАЦИОНАРНОГО  
ЛАНДШАФТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Для реализации намеченных в предыдущей главе исходных положений экспериментального ландшафтоведения предстоит решить много задач преимущественно методического порядка. Ближайшие из них таковы: а) дальнейшая разработка ландшафтно-географических по своему содержанию моделей геосистем и их конкретизация с учетом возможностей экспериментальных методов, реальных условий и целей исследования; б) выбор в соответствии с этими моделями систем ключевых участков, планирование сбора исходных данных и ожидаемых экспериментальных результатов, их обработки; в) организация междисциплинарных работ и оптимизация их программ с учетом собственно ландшафтной проблематики; г) развитие подходов к математическому моделированию структур и функций геосистем, принимая во внимание закономерности ландшафтно-географической интеграции, дифференциации и иерархии окружающей человека среды; д) слежение за динамикой геосистем в ненарушенных условиях и под влиянием хозяйственной деятельности в целях определения допустимых антропогенных нагрузок, составления комплексных прогнозов, выявления путей оптимального устройства культурного ландшафта; е) поиск способов генерализации и детализации экспериментальных результатов с учетом географического уровня геосистем (топического, регионального, планетарного), их экстраполяции на аналогичные территории.

Работа в этом направлении все больше сосредоточивается на комплексных стационарах, которые поэтому становятся основной экспериментальной базой современной ландшафтной географии. Поэтому в гл. III (а отчасти также в гл. IV) на примере нашего опыта рассмотрим те возможности, которые для решения поставленных задач раскрывают стационарные ландшафтные исследования.

## ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И СТАЦИОНАРЫ

Стационарные исследования различных элементов окружающей человека среды в научных и практических целях ведутся уже давно. На такие данные опираются клима-

тология и гидрология, изучающие самую мобильную часть географической оболочки. На специальных станциях разрабатываются многие проблемы биологического и экологического характера. Существуют также стационары, где проводятся исследования по геологической и геоморфологической тематике.

Раньше в стационарных работах преобладала отраслевая постановка проблем. Сейчас нужен междисциплинарный подход, и на стационарах разных типов комплексность программ в целом возрастает. Заметно сближается и тематика исследований, хотя различия в специализации стационаров сохраняются.

Необходимость в стационарах вообще и в интеграции на них работ в особенности резко увеличивается в связи с проблемой создания системы слежения за состоянием окружающей среды в целях контроля за ее качеством, для эффективной и своевременной подготовки комплексных прогнозов, рекомендаций по ведению хозяйственной деятельности и осуществлению природоохранных мер (Man's impact..., 1970; Герасимов, 1976). Сеть комплексных наземных станций может быть опорой системы мониторинга, в которой найдут применение космические средства и другие достижения современной науки и техники.

Для ландшафтоведов стационары — новое поле деятельности. Ландшафтоведение долго оставалось в стороне от «интенсивных», стационарных исследований, направленных «вглубь». Оно довольствовалось преимущественно «экстенсивным» охватом территории, направленным «вширь». Обращение к «интенсивной» стратегии и рациональное сочетание обоих подходов — такова, пожалуй, самая главная линия поиска, который ландшафтоведы ведут в последние 10—15 лет.

В этой связи следует назвать в первую очередь работы сибирских географических стационаров — Забайкальского степного (Алкучанский Говин, 1964; Топология..., 1970; Изучение степных геосистем во времени, 1976), Приангарского (Южная тайга Приангарья, 1969; Природные режимы и топогеосистемы..., 1975), западносибирских Нижне-Иртышского (Южная тайга Прииртышья, 1975) и Кондо-Сосьвинского (Природные режимы средней тайги..., 1977), южносибирских степного и лесного, расположенных в Минусинской котловине (Природные режимы степей..., 1976).

Ландшафтно-географические работы предпринимаются на Курской экспериментальной базе Института географии АН СССР (Геофизика ландшафта, 1967; Биогеографическое и ландшафтное изучение лесостепи, 1972; Герасимов, Грин, 1976) и на Марткопском стационаре Тбилисского университета (Беручашвили, 1972; Ландшафтный сборник, 1972; Беручашвили и др., 1976). В этом направлении ведут поиск гео-



рафы Тихоокеанского института географии ДВНЦ АН СССР, Московского и Киевского университетов, а также другие научные коллективы.

К полевым работам такого типа все больший интерес проявляют также географы зарубежных стран. В ГДР уже в 1961 г. вышла монографическая работа, в основу которой положен количественный учет хода природных процессов на постоянных пробных площадях в сочетании с детальным топическим картографированием ландшафта (Neef e. a., 1961). В последующие годы проводилось много других исследований подобного характера. Все же, по мнению немецких исследователей, «до сих пор стационарно проводимые географические и биоэкологические исследования процессов не выходят за пределы спорадических и регионально разрозненных опытов». В дальнейшем эти опыты непременно нужно углублять и расширять» (Haase, 1977, с. 11), чему Институт географии и геоэкологии АН ГДР уделяет серьезное внимание. В стадии становления находятся ландшафтные стационары в Болгарии, создаваемые Софийским университетом и Географическим институтом БАН (Зяпков, Горунова, 1977).

В настоящее время комплексные географические стационары мыслятся прежде всего как источник развернутой во времени интегральной информации о состоянии природной среды. Вместе с тем они рассматриваются как экспериментальные базы для проведения точных, углубленных исследований, проверки теоретических моделей и гипотез, для разработки новых методов исследования и практического приложения научных данных. Наконец, опытные полигоны стационаров должны служить эталонами, или натурными моделями, важных с научной и практической точек зрения типов ландшафта.

Совершенно очевидно, что современная ландшафтная тематика на экспериментальных основаниях не может быть решена без привлечения специалистов многих других областей — профессиональных биологов и экологов, климатологов и гидрологов, почвоведов и геоморфологов и других, в том числе представителей точных наук, инженерно-технических и социально-экономических дисциплин. Как правило, чем глубже и сложнее исследование, тем больше экспериментальной работы ландшафтоведу приходится поручать отраслевым специалистам.

В такой ситуации ландшафтовед становится как бы «генеральным конструктором» (Преображенский, 1972) и «главным дирижером» (Герасимов, 1976) комплексных, междисциплинарных работ. Между тем к такой роли ландшафтная наука пока подготовлена недостаточно.

В становлении основной ветви советского ландшафтоведения значительную роль сыграло осуществление требования

вести самостоятельные полевые исследования, особенно убедительно сформулированное в свое время С. В. Калесником (1940). До сих пор ландшафтоведы не делали ставку на междисциплинарное сотрудничество, а в конкретных исследованиях преимущественно полагались на собственные возможности.

На стационаре к компетенции ландшафтоведа относится в первую очередь создание исходных моделей комплексного исследования. Речь идет прежде всего о моделях изучаемых объектов. В. С. Преображенский и Т. Д. Александрова (1975) недавно подчеркнули, что помимо «объектных» моделей нужны также «субъект-объектные» и «субъект-субъектные», касающиеся самого исследовательского процесса и его оптимизации.

Взаимодействие исследователя и изучаемого объекта в целях получения максимума необходимой информации — чрезвычайно важный элемент любого экспериментального исследования. Развитие и усиление этого элемента — самая главная составляющая разработки экспериментального подхода и в ландшафтоведении. Не менее нужны и модели взаимодействия исследователей.

Нельзя не согласиться, что при еще недостаточно высоком общем уровне моделирования ландшафтно-географических задач особенно неудовлетворительно обстоит дело с «субъект-объектными», и «субъект-субъектными» моделями, тем более что они должны включать такие важные моменты, как оценка геосистем для практических целей, прогнозирование, разработка рекомендаций и использование ландшафта (Мухина, 1974). В этом плане ландшафтовед должен выступать в роли «интегратора» и, стало быть, работать над созданием соответствующих моделей.

Все сказанное не означает, что работа ландшафтоведа на стационаре ограничивается только теоретической и организаторской деятельностью. Ландшафтовед наряду с остальными специалистами добывает и первичные данные, поскольку не все исходные факты доступны методам отраслевых наук. Всегда остаются задачи, не поддающиеся расчленению на покомпонентные исследования.

Много таких задач возникает при реализации моделей. Неувязки, противоречия и информационные «пустоты» требуют непосредственных ландшафтных наблюдений и специального анализа. Наконец, большую эмпирическую работу, включая постановку отдельных исследований, ландшафтоведу нужно вести в связи с синтезом отраслевых результатов. Этой непосредственной исследовательской работе и посвящена настоящая глава, в которой на некоторых примерах показано решение ландшафтных задач совместно с представителями других областей.



Методической основой такой работы пока остается ландшафтное картографирование. В настоящее время оно обогащается регулярными повторными съемками мобильных элементов, специальным количественным учетом варьирующих на местности величин, экстраполяцией данных о природных режимах, получаемых на опорных участках стационарных наблюдений. В целом ландшафтное картографирование срастается с другими методами и становится неременной частью экспериментально-стационарных исследований, причем не только ландшафтоведов, но и отраслевых специалистов.

Объединение наблюдений на изолированных точках с площадными съемками, рациональное сочетание инструментальных измерений и качественных оценок, количественного анализа и «ландшафтного видения» — таков основной смысл метода комплексной ординации, предлагаемого в качестве собственно ландшафтного, или геосистемного, способа стационарных исследований (Топология степных геосистем, 1970). Поиск в этом направлении отражен также в ряде других работ (Южная тайга Приангарья, 1969; Топологические аспекты..., 1974; Природные режимы и топогеосистемы..., 1975; Природные режимы степей..., 1976; и др.). Применение и развитие такого типа методов предполагается при выполнении тех работ, о которых будет сказано ниже.

Количество стационаров, работающих под эгидой комплексной физической географии, пока невелико. Небольшой вес в них имеют собственно ландшафтные исследования. На стационарах иного типа, например на биогеоценологических, теплоресурсовых, гляциологических, стоковых станциях, ландшафтоведов, как правило, нет. Вполне актуально мнение Н. Т. Нечаевой и П. Д. Гунина (1976) о том, что биогеоценологические исследования на стационарах целесообразно вести параллельно и в тесной увязке с ландшафтными, выполняемыми с применением аэрофотосъемки и космических снимков. Авторы справедливо отмечают, что без ландшафтных исследований результаты биогеоценологии как бы оторваны от территории, труднее поддаются экстраполяции и картографированию. Сказанное может быть отнесено и к стационарам других типов.

Излагаемые дальше результаты основываются на работах, выполненных автором главным образом на Приангарском таежном стационаре Института географии Сибири и Дальнего Востока (Южная тайга Приангарья, 1969; Природные режимы и топогеосистемы..., 1975; Хисматуллин, 1970; Медведев, 1972; Крауклис, 1969, 1973, 1974а; Снытко, Щетников, 1975; Злобина, 1975а; и др.).

Стационар организован в ранее слабоизученном и малодоступном районе, представляющем большой интерес как территория, находящаяся на одном из магистральных на-

правлений продвижения к северу фронта освоения сибирской тайги. В задачи стационара входило прежде всего получение отвечающей современным требованиям физико-географической информации об этом регионе. Но в то же время уже с самого начала ставилась и другая более широкая цель — разработка теоретических основ и методических посылок экспериментальных ландшафтных работ для освоения тайги (Сочава, Крауклис, 1964).

Региональная ситуация и выдвинутые задачи наложили свой отпечаток на результаты исследований. Однако наметились выводы и более общего порядка. В предыдущей главе рассматривались главным образом заключения теоретического характера, здесь же в основном будем касаться методических проблем и фактических данных.

### НАТУРНЫЕ МОДЕЛИ

Чтобы обеспечить наблюдения за геосистемами в их временном проявлении и максимально приблизиться к условиям, необходимым для постановки экспериментов, на стационарах приходится довольствоваться весьма ограниченными по площади опытными участками. Полученные данные приобретают реальное значение, если они правильно «вписаны» в географическое окружение. Увязка непосредственно изучаемых на стационаре местных геосистем с региональным фоном и общепланетарными закономерностями — такова одна из главных задач, стоящих перед ландшафтоведением.

Дело, однако, не ограничивается только экстраполяцией экспериментальных данных. Местные геосистемы, прежде всего элементарные ландшафтные единицы, которые являются основным объектом экспериментально-стационарных исследований, находятся под воздействием как ближайших геотопологических окрестностей, так и регионального и планетарного окружения. Какими способами эти весьма комплексные влияния системной среды сказываются на объектах экспериментального изучения, какими закономерностями определяется «преломление» фоновых явлений в конкретных местах — вопросы, ответы на которые приходится давать главным образом ландшафтоведу.

Учитывая сказанное, изучаемую на стационаре натурную модель территории необходимо организовать в виде системы вложенных друг в друга ключевых участков, различающихся по характеру проводимых на них работ. Исследования на всех этих участках необходимо подчинить общей цели.

Рассмотрим этот вопрос на примере Приангарского таежного стационара. Натурная модель здесь включает шесть различных уровней (Южная тайга Приангарья, 1969; Природные режимы и топогеосистемы..., 1975).



1. Пункты стационарных покомпонентных наблюдений (актинометрических, микроклиматических, фенологических, педогидрологических и др.).

2. Пробные площади (0,1—1 га) в естественных границах элементарных географических ареалов (выделов фаций, или биогеоценозов), объединяющие в единую систему вышеуказанные места наблюдений, технически не совместимых в одном пункте.

3. Полигоны-трансекты (1—3 км<sup>2</sup>), охватывающие основные типы пространственного сопряжения выделов фаций (например, по поперечному профилю через долину от водораздела до водораздела).

4. Ключевые участки (10—15 км<sup>2</sup>), вмещающие все направления пространственной сопряженности фаций.

5. Детально изучаемая территория (600 км<sup>2</sup>), на которой достаточно полно выступает ландшафтное разнообразие данного района.

6. Окружение стационара площадью 5 тыс. км<sup>2</sup> — для сопоставления натурной модели с природными рубежами регионального порядка.

Указанные величины, конечно, не следует рассматривать как нормативные. Многое зависит от конкретных условий и целей исследования. Да и сам вопрос требует специальной методической разработки. Все же порядок величин, думается, может служить некоторым ориентиром при организации стационарных наблюдений.

Обоснование такой организации стационара дано в прежних наших работах (Крауклис, 1967). Здесь только коротко рассмотрим содержание участков разного размера.

Эталонная территория (см. рис. 6) выбрана на основе прежних ландшафтных исследований (Ряшин, Белов, 1964, 1965; Белов, Ряшин, 1965; Ряшин, 1966) и схем физико-географического районирования (Лиханов, Хаустова, 1961; Физико-географическое районирование СССР, 1968; Сочава, Тимофеев, 1968), а также собственных рекогносцировочных маршрутов. Исходя из этого, произведено и дальнейшее эталонирование территории. Если окружение стационара изучалось в основном в региональном порядке, то на следующем уровне велось уже детальное картографирование.

Маршруты проходили в среднем через каждые 1—2 км в меридиональном направлении и через 4 км в широтном; для этой цели использовалась система лесоустроительных просек. По линиям маршрутов отмечались границы между всеми пересекающимися маршрутными участками фаций и с разной степенью детальности (в зависимости от встречаемости данной фации по маршруту) велось их описание. Таким способом на картографируемой площади произведено около 2500 описаний элементарных ландшафтных ареалов. Это позволило при выде-

лении и типизации урочищ основываться непосредственно на их фациальном составе. Границы урочищ проводились в камеральных условиях на основе отмеченных по линиям маршрутов границ фаций и дешифрирования аэрофотоснимков (см. рис. 5).

Особенно подробно обследован участок четвертого снизу уровня (см. рис. 7). При ландшафтной съемке точки описания с помощью компаса и мерной ленты располагались строго через 100 м друг от друга. Такой принцип расположения, несомненно, вносит элемент случайности, но в то же время позволяет использовать некоторые статистические приемы обработки фактического материала. Кроме того, при такой частоте точек описания зафиксированы практически все выделения фаций, укладываемых в масштаб карты (Крауклис, Медведев, 1970).

Выделение и типизация фаций проводились на основе анализа большой совокупности описаний. Все участки, относящиеся к одной фации, на карте были помечены одинаковыми знаками. Таким образом, наметились и картографические выделения. Поскольку переходы между фациями недостаточно резки, дополнительно велись исследования на транsekтах, пересекающих основные элементы поверхности (подробнее см. Крауклис, 1969а). Это, как и наблюдения между точками описания во время маршрутов, значительно облегчило проведение границ фаций в камеральных условиях. Заключительным этапом картографирования были контрольные маршруты для корректирования границ и конфигурации выделов.

На участках второго и третьего уровня картографирование имело побочное, но весьма существенное значение (см. рис. 9, 10). Фактически оно сливалось с собственно стационарными наблюдениями. При работе на нижних уровнях натурной модели очень важна точная привязка данных на местности. С этой целью на полигоне-трансекте проведена гипсометрическая съемка, а вся площадь разбита системой пронумерованных пикетов на квадраты 10×10 м. Такая основа обеспечивает необходимую точность при совмещении разных видов наблюдений, картографировании и измерении площадей.

Основное значение на стационаре имеют работы на типичных объектах 1—3-го порядков, дающих наибольшее количество непосредственной информации о динамике геосистем и лежащих в ее основе структурах.

Имея в виду все сказанное, рассмотрим четыре вопроса, изучавшихся на Приангарском стационаре: 1) сезонную ритмику совершающихся в геосистемах природных явлений; 2) биогенную составляющую динамики геосистем; 3) пространственно-временные структуры местности; 4) подходы к осуществлению стационарных исследований на математико-



статистической основе. Конечно, этим исследование не исчерпывается. Тем не менее названные вопросы — типично «стационарные» задачи, а их разработка — неперенный этап перестройки методики ландшафтных исследований на экспериментальных основаниях.

### СЕЗОННАЯ РИТМИКА

Познание сезонной ритмики природных явлений в ландшафтоведении считается само собой разумеющейся составной частью исследования ландшафта как целого. Тем не менее эти исследования часто не выходят за рамки чисто фенологических наблюдений.

В 1967 г. нами совместно с исследователями отраслевого профиля впервые был предпринят опыт интегрального рассмотрения упорядоченности годового хода разных явлений в таежных фациях (Крауклис и др., 1967). Выделено 8 сезонных фаз, каждая из которых отличается специфическим сочетанием сезонных процессов и особым внешним обликом фации (рис. 14, табл. 5). Впоследствии эта модель дополнялась и отраслевыми, и ландшафтными исследованиями (Войлошников, 1969; Медведев, 1972; Злобина 1975б; Кремер, 1975; Григорьев, 1975; Хисматуллин, 1975; Вержуцкий, 1975; Крауклис, 1974б, 1976а; Природные режимы степей..., 1976; Природные режимы средней тайги..., 1977; и др.).

Для коренной фации изучаемого ландшафта характерна такая сезонная структура:

Ранневесенняя фаза (конец марта — конец мая) — смена отрицательных температур воздуха положительными; снеготаяние; первый максимум миграции животных и предвегетационные процессы в растительности.

Поздневесенняя фаза (конец мая — середина июня) — окончание заморозков и оттаивание почвы; промачивание почвы, максимальная активность флювиальных и гидротермических процессов рельефообразования; формирование летнезеленой части растительности и активизация почвенных животных.

Летняя фаза (середина июня — конец июля) — устойчивая высокая температура воздуха и прогревание почвы; максимальная напряженность процессов роста, расхода элементов минерального питания и почвенной влаги, интенсивное поедание животными и разложение органической массы.

Позднелетняя фаза (конец июля — конец августа) — спад температуры воздуха и максимальное количество тепла в почве; прекращение роста; начало перестройки биоты к перенесению холодного периода.

Осенняя фаза (конец августа — начало октября) — период заморозков; отмирание летнезеленой части растительности; второй максимум миграции животных.

Предзимняя фаза (начало октября — начало ноября) — смена положительных температур воздуха отрицательными; формирование снежного покрова; завершение активной жизнедеятельности биоты.

Зимняя фаза (начало ноября — начало марта) — выхолаживание воздуха (безоттепелый период) и промерзание почвы; снегонакопление; пассивное состояние биоты.

Позднелетняя фаза (начало марта — конец марта) — наступление умеренной продолжительности светлой части суток и резкое возрастание инсоляции; устойчивое повышение температуры воздуха и минимальное количество тепла в почве; начало перестройки биоты к активному существованию.

Остановимся на главнейших взаимосвязях в геосистеме, уделяя основное внимание тем особенностям, которые не могут быть выявлены без учета посезонной динамики явлений. В таежных геосистемах изменение количества тепла — важнейшая причина перестройки всех процессов и, следовательно, смены сезонных фаз. Очень резок контраст температуры воздуха между летней и зимней фазами — более 37°. Последняя при этом почти вдвое продолжительнее первой. За год, по данным Л. К. Кремер (1975), на плакоре сумма отрицательных температур примерно в 1,5 раза больше, чем поло-

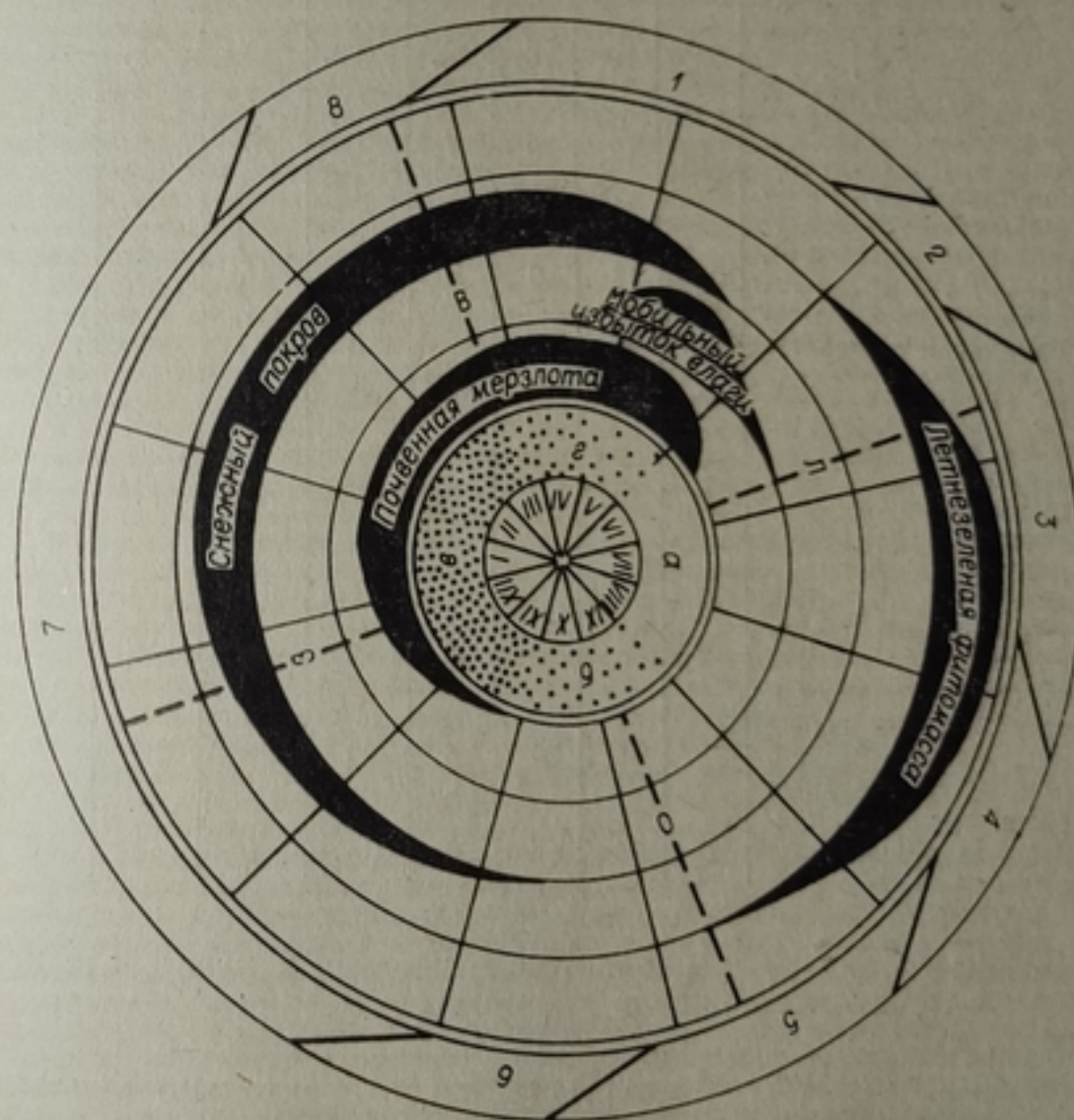


Рис. 14. Сезонные состояния таежных фаций Приангарья.

Фазы: 1 — ранневесенняя; 2 — поздневесенняя; 3 — летняя; 4 — позднелетняя; 5 — осенняя; 6 — предзимняя; 7 — зимняя; 8 — позднелетняя. Термические периоды: а — без отрицательных температур; б — смены положительных температур; в — смены отрицательных температур; г — без положительных температур. Дни солнцестояния: Л — летнего; О — осеннего; З — зимнего; В — весеннего. Месяцы: I—XII.



Таблица 5  
Периодизация года по сезонной ритмике коренной фации (Причунский ландшафт, Приангарье)

Показатель	Сезонные фазы							
	весен- няя	весен- не- летняя	лет- няя	позд- нелет- няя	осен- няя	осенне- зимняя	зимняя	поздне- зимняя
	(1/IV— 20/V)	(20/V— 20/VI)	(20/VI— 1/VIII)	(1/VIII— 1/IX)	(1/IX— 10/XI)	(10/X— 10/XI)	(10/XI— 1/II)	(1/II— 1/IV)
Радиационный баланс над лесным пологом, кал/см <sup>2</sup> ·день . . . . .	200	315	320	230	140	20	—10	50
Суточная температура воздуха под лесным пологом, °C . . . . .	0,2	12,3	16,4	13,1	6,0	—6,2	—21,0	—11,0
Суточная амплитуда температуры воздуха, град . . . . .	8,7	10,2	8,6	7,3	6,5	5,4	6,3	7,4
Количество дней с минимальной температурой воздуха ниже 0°, % . . . . .	75	13	0	0	22	87	100	100
Количество дней с максимальной температурой воздуха, выше 0°, % . . . . .	70	100	100	100	100	41	0,3	20
Температура корнеобитаемого слоя почвы (глубина 20 см), °C . . . . .	—0,8	2,2	7,8	9,8	7,1	3,0	—1,4	—2,4
Количество осадков над лесным пологом (на 1 день), мм . . . . .	0,8	0,9	2,1	1,7	1,6	1,4	0,9	0,6
Высота снежного покрова, см . . . . .	46	0	0	0	0	10	50	68
Влажность в корнеобитаемом слое почвы (0,20 см), об. % . . . . .	35	45	30	25	25	25	30	35
Биомасса летнезеленых частей травяного покрова, % от общей . . . . .	0	15	65	50	25	0	0	0

жительных. Сказанное, однако, не относится к почве, где периоды с положительной и отрицательной температурами приблизительно одинаковы. Причем в отличие от воздуха корнеобитаемый слой зимой остается относительно теплым (см. табл. 5). Но он слабо прогревается летом, так что годовая амплитуда составляет не многим больше 12° на нижней границе корнеобитаемого слоя.

Это показывает одну из важнейших сторон ландшафтообразующей роли снежного покрова, который в значительной мере нейтрализует воздействие характерных для тайги

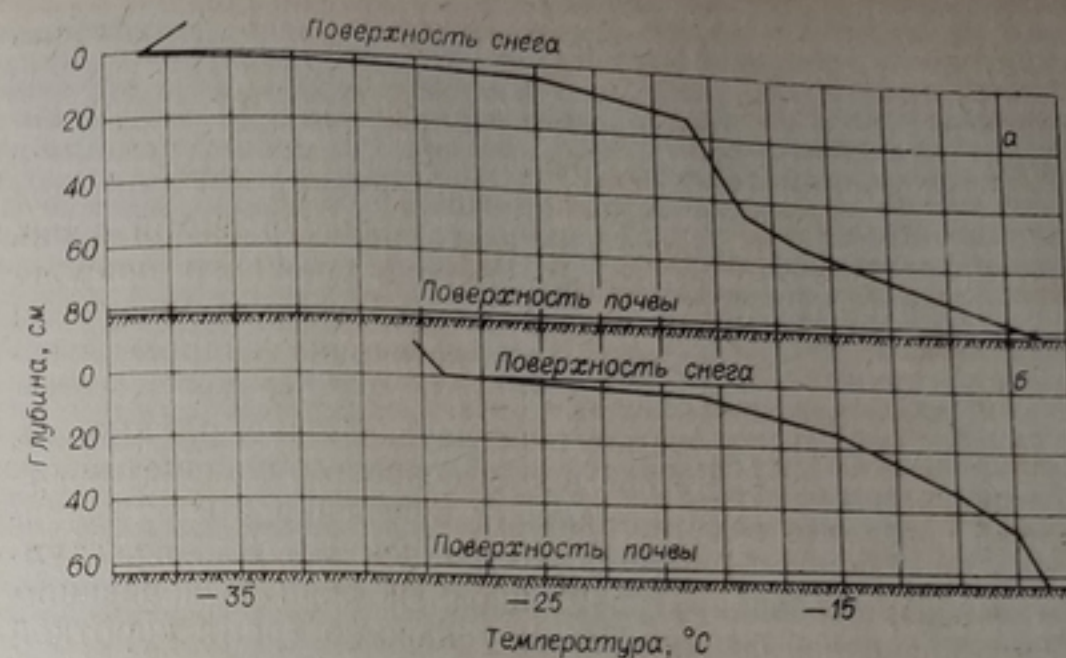


Рис. 15. Распределение минимальной температуры в снежном покрове на открытом участке (а) и в лесу (б) субкриоморфной фации. Средние суточные минимумы (27—31 января 1966 г.).

сильного зимнего охлаждения и континентального климата (рис. 15).

Зимняя и летняя фазы неодинаковы также в смысле длительности воздействия на следующие за ними переходные сезоны, что хорошо видно по расположению фаз относительно астрономических времен года (см. рис. 14). Так, последствие зимнего охлаждения явно сказывается почти до времени летнего солнцестояния. В течение неполного месяца после осеннего равноденствия опять устанавливается зимний режим.

Весной «остаток» зимнего холода существует в виде снежного покрова, который, сохраняясь до второй половины мая, препятствует оттаиванию почвы и началу вегетации. В темнохвойной тайге сроки растаивания накопившейся за зиму большой массы снега задерживают время установления весенне-летнего режима на 1—2 нед.

Длительное залегание снега укорачивает время прогревания почвы, что является одной из причин сравнительно низкой летней температуры корнеобитаемого слоя. Характерно проявляется последствие зимы также и в том, что максимальное прогревание около нижней границы фации — в верхнем слое незатронутой почвообразованием материнской породы — наступает только после осеннего равноденствия. В начале фазы высокой активности биоты, когда верхние горизонты фации получают максимальное количество тепловой энергии, на глубине около 3 м наблюдается годовой минимум температуры (Кремер, 1975).

Дефицит тепла, обусловленный большой длительностью и интенсивностью охлаждения деятельного слоя, сказывается



на режиме увлажнения геосистем, но эта связь достаточно сложна.

Так, в годовом ходе минимум атмосферных осадков совпадает с минимумом температуры воздуха. В целом подобная синхронность имеет место и при наступлении максимумов обоих показателей. Но из-за низких температур зимой очень ограничен и расход воды. Зимой в виде снежного покрова накапливается до 200 мм влаги. Эта влага, мобилизуемая только весенним теплом,— главный источник «водородных» процессов функционирования геосистем — интенсивного стока, промачивания почвы, размыва субстрата. Важно, однако, то, что вешние воды в тайге сбегает в основном по еще не оттаявшей почве, что заметно снижает интенсивность промачивания и денудацию. Например, по данным Ш. Д. Хисматулина (1975), свободная гравитационная вода в почвенном профиле плакорной фации имеется только во время короткой предлетней фазы.

Хотя на летнюю фазу приходится годовой максимум атмосферного увлажнения, в этот период содержание влаги в почве в общем уменьшается (рис. 16) и в позднелетний сезон приближается к влажности разрыва капиллярной связи. Это обусловлено интенсивным суммарным испарением (по

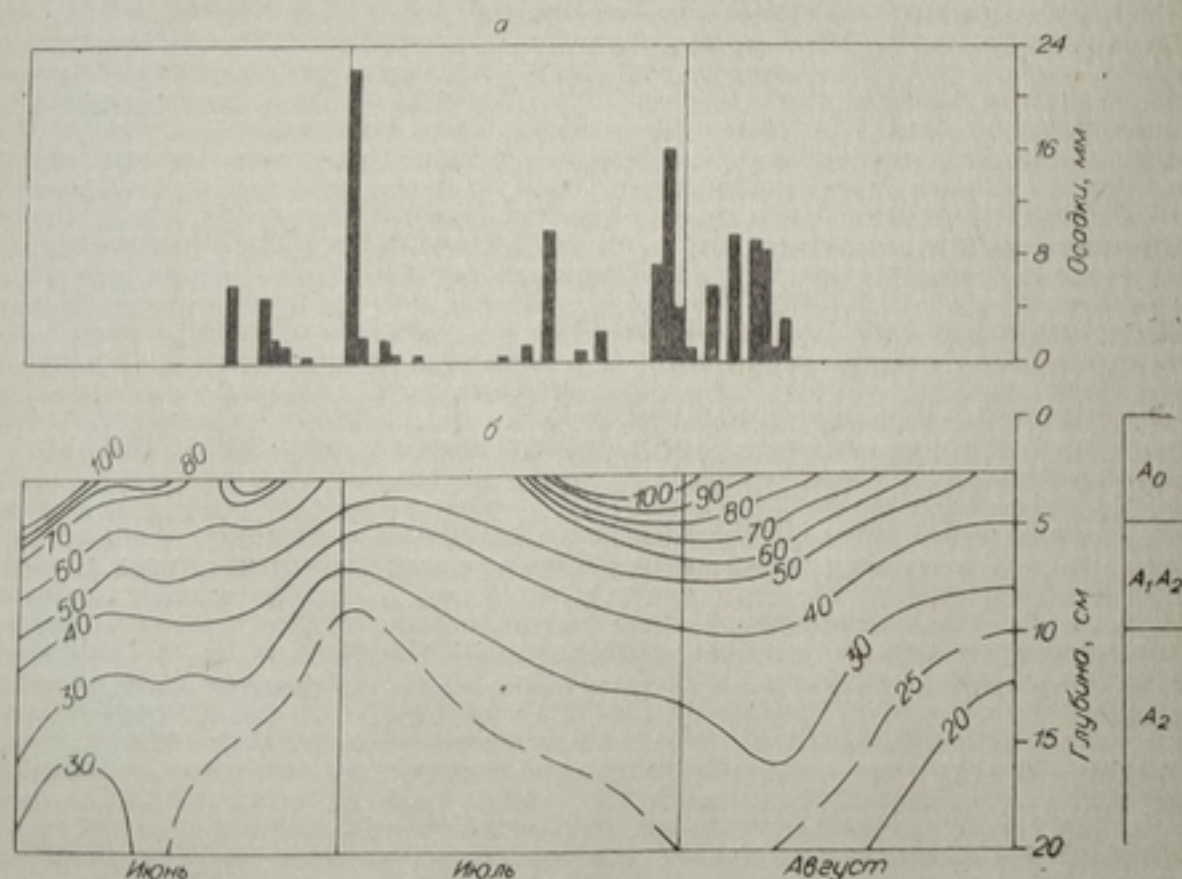


Рис. 16. Осадки (а) и влажность (б) корнеобитаемого слоя почвы плакорной фации в вегетационный период, 1966 г. (в процентах к абсолютно сухому весу почвы).

наблюдениям Г. Н. Григорьева (1975), на это уходит больше 75% от радиационного баланса) и благоприятными условиями дренажа в силу расчлененности местного рельефа.

Особенно быстро избыток влаги удаляется в начале весны, когда снижена влажность воздуха. Например, в мае и июне в дневные часы почти в половине всех случаев даже под покровом темнохвойного леса содержание влаги в воздухе остается ниже 40%, а нередко даже до 10—20% (Кремер, 1975).

Характерно, что в холодный период года под снежным покровом также происходит заметное изменение влажности почвы. В силу очень высокого температурного градиента между воздухом и почвой идет поток влаги вверх. Интенсивность этого потока зависит не только от градиента температуры, но также от содержания влаги в почве. В целом интенсивность возрастания влажности корнеобитаемого слоя увеличивается по направлению от вершин водораздельных увалов к подножиям склонов, от верхних окраин водосборных понижений вниз по течению к днищам долин, от мест с рыхлым и грубообломочным минеральным субстратом к почвам тяжелого механического состава (табл. 6).

Накапливающаяся зимой в корнеобитаемом слое влага образует ледяные линзы, раздвигающие почвенные слои. При этом происходят также значительные сезонные колебания поверхности: зимой она повышается, а летом по мере вытаив-

Таблица 6

Влажность верхнего слоя почвы в зимние месяцы (по данным за 1965—1966 гг.)

Показатель	Сентябрь	Ноябрь	Февраль	Апрель
<i>Лесная поляна у подножия склона</i>				
Влажность (%) на глубинах, см:				
0—5	147,5	159,3	313,9	306,8
5—10	45,0	55,5	163,4	265,0
10—15	36,0	53,8	81,7	84,6
15—20	30,7	28,3	56,1	44,2
Высота снега, см	0	44	90	86
<i>Пихтовый лес на плакоре</i>				
Влажность (%) на глубинах, см:				
0—5	118,4	183,4	264,0	235,7
5—10	41,3	68,4	81,6	73,0
10—15	31,6	30,7	53,4	46,6
15—20	24,5	22,8	35,8	36,4
Высота снега, см	0	30	68	73



вания ледяных линз оседает. По данным В. А. Войлошникова (1969), наибольшая амплитуда (до 50 см) таких термодинамических колебаний наблюдалась в избыточно увлажненных местоположениях подножий склонов с участками вечной мерзлоты. На плакоре эта величина, по данным нивелировок, лишь около 1—2 см, а на каменистом субстрате траппового холма практически равна нулю.

В пределах выдела фации амплитуда сезонного колебания поверхности варьирует в широких пределах из-за неравномерного распределения деревьев и влажности почвы, а также в силу других факторов. Это вызывает сползание грунтов вниз по склону. По наблюдениям В. А. Войлошникова (1969), получается, что на нижних частях склонов и в водосборных понижениях этот процесс принадлежит к числу ведущих рельефообразующих факторов в тайге.

На переувлажненных днищах долин, где летом почва полностью не растаивает, гидротермические движения вызывают рост бугров пучения и углубление находящихся между ними западин. К такому заключению привело и специальное обследование микрорельефа главнейших фаций (Крауклис, Войлошников, 1969).

При рассмотрении связей между теплом и влагой надо еще отметить, что последняя сказывается на термике почвы не только зимой, выступая в виде снега. Влага имеет отопляющее значение также и летом, ибо температура дождевой воды часто выше температуры почвы. Теплее почвы также воды снеготаяния, весной стекающие по поверхности. Они ускоряют оттаивание почвы. Особенно сильно этот эффект сказывается на природных режимах в водосборных понижениях (в субгидроморфных фациях), где концентрируется сток с окружающих склонов и водоразделов. На рис. 8 и табл. 4 уже было показано, что здесь в начале лета влажность и температура почвы связаны положительной корреляцией. Таким образом, влага в тайге в ряде случаев служит дополнительным источником тепла. В целом увлажнение в тайге в отличие от термического фактора чаще всего смягчает проявление континентальности климата.

С динамикой термических условий в течение вегетационного периода в первую очередь связано и сезонное развитие биотических сообществ. Рассмотрим этот вопрос подробнее на примере господствующей (в большинстве случаев, однако, потенциально) в плакорной фации лесообразующей породы — пихты сибирской. Приводимые нами данные получены и обработаны под руководством автора Э. М. Злобиной и Л. К. Кремер.

Набухание верхушечных почек у пихты начинается в период перехода средней суточной температуры через  $10^{\circ}$ . Температура корнеобитаемого слоя при этом лишь немногим вы-

ше  $0^{\circ}$ . Распускание почек и интенсивный рост наступают, когда сумма активных температур достигает  $200-300^{\circ}$ , а температура почвы на глубине 20 см — около  $3-4^{\circ}$ , что происходит в конце раннелетней фазы. Интенсивный рост прекращается во второй половине фазы максимальной биотической активности — при сумме активных температур около  $500-600^{\circ}$  (приблизительно 40% годового количества и температуры корнеобитаемого слоя в среднем  $7-8^{\circ}$ ). К этому времени прирост составляет 70—80% от годового. Остальные 20—30% нарастают к началу позднелетней фазы. Момент полного прекращения роста в высоту слабо связан с суммой градусов и температурой почвы. Можно предположить, что значительную роль при этом играет режим увлажнения и условия предыдущего года, когда закладывались почки, и особенности предшествовавшего зимнего периода, влияние животных (главным образом беспозвоночных) и другие факторы. Но рост прекращается значительно раньше перехода температуры через  $10^{\circ}$  осенью (чаще всего на 1—1,5 мес) и до наступления устойчивого понижения температуры почвы.

Таким образом, рост побегов пихты в высоту явно смещен к периоду с невысоким уровнем теплообеспеченности. При наступлении наиболее благоприятного в термическом отношении сезона рост уже затухает и сменяется процессами запасаания питательных веществ и подготовкой растений к холодному времени года (Крауклис и др., 1976).

Конечно, каждый вид растений и животных имеет собственную сезонную ритмику (Медведев, 1969; Злобина, 1975б; Вержуцкий, 1975). Но на этом вопросе здесь не будем подробно останавливаться. Укажем, что отмеченные на рис. 14 переломные переходы в ходе гидротермических показателей в целом увязываются и с важнейшими этапами жизнедеятельности биотического сообщества в целом.

Рассмотренная выше сезонная структура в своих наиболее общих чертах сохраняется во всех фациях. Но при этом имеются также весьма существенные различия.

Прежде всего надо отметить, что фации не вполне одинаковы по степени проявления континентальности, столь характерной для сезонного ритма приангарской тайги. Так, по направлению от плакорной фации к сублитоморфной заметно возрастает размах колебания температуры почвы. Если, например, на плакоре годовые максимальные и минимальные температуры на глубине 20 см составляют соответственно  $9,7-12,4^{\circ}$  и от  $-2,4$  до  $-4,7^{\circ}$ , то в полусерийной сублитоморфной эти величины  $11,1-12,7^{\circ}$  и от  $-4,2$  до  $-6,5^{\circ}$  (Кремер, 1975).

Особенности местоположения такого рода фаций — сравнительно крутых склонов и выпуклых форм рельефа — способствуют некоторому уменьшению толщины снежного пок-



рова (на 10—15 см по сравнению с плакорной фацией). Это также вызывает, с одной стороны, усиленное охлаждение почвы зимой, а с другой — ускоренное (на 10—15 дней) обнажение почвы весной. Кроме всего прочего, здесь увеличен расход влаги за счет бокового стока и инфильтрации, а также за счет микроклиматических особенностей, усиливающих испарение.

Судя по относительной влажности приземного воздуха (рис. 17), в сублитоморфной фации испарение возможно не только в дневные часы, но и ночью. Все это сказывается на почве, где, по оценке Ш. Д. Хисматуллина (1975), летом возможно снижение содержания влаги до влажности завядания.

В целом сублитоморфный ряд — это ряд усиления признаков континентальности и иссушения в природном режиме фаций.

В другом направлении от плакорной отличаются субгидроморфные фации. Для них характерно усиление весенней «гидрогенной» фазы и зимнего «подсасывания» влаги снизу. Именно в фациях этого ряда влага как фактор, смягчающий континентальность, сказывается в наибольшей мере.

Третье направление локальной «деформации» сезонного ритма — ослабление фазы биотической активности. Сильнее всего это проявляется в субкриоморфных фациях. Так, если на плакоре сумма активных температур в среднем около 1380°, то на днище местной долины — 1240° (Кремер, 1975). Длительность безморозного периода в этих фациях соответственно 94 и 50 дней. В субкриоморфной фации, как уже отмечалось выше, ощутимо дают о себе знать криогенные возмущения. Здесь почти вдвое меньший, чем на плакоре, и годичный прирост пихты. В общем по мере возрастания криоморфности природный режим фаций как бы приближается к условиям средне- и северотаежных ландшафтов.

Смена сезонных фаз вызвана в первую очередь мобильной — транзитно-обменной — частью геосистемы. Однако во временной организации геосистем большую роль играют также остальные факторы, в особенности активность биоты. Последняя является источником многих других колебаний состояния геосистем, не укладывающихся в циклы, регулируемые абиотическими факторами. Одно из важнейших такого рода изменений таежных фаций связано с динамикой древостоя. Оно выявлено в ходе изучения запаса биомассы.

Исследование закономерностей этих смен требует применения методики, в которой особенно большое значение имеет анализ взаимосвязей между пространственной и временной упорядоченностью совершающихся в геосистемах процессов. Поэтому, прежде чем перейти к рассмотрению упомянутого вида биогенной динамики, целесообразно остановиться на

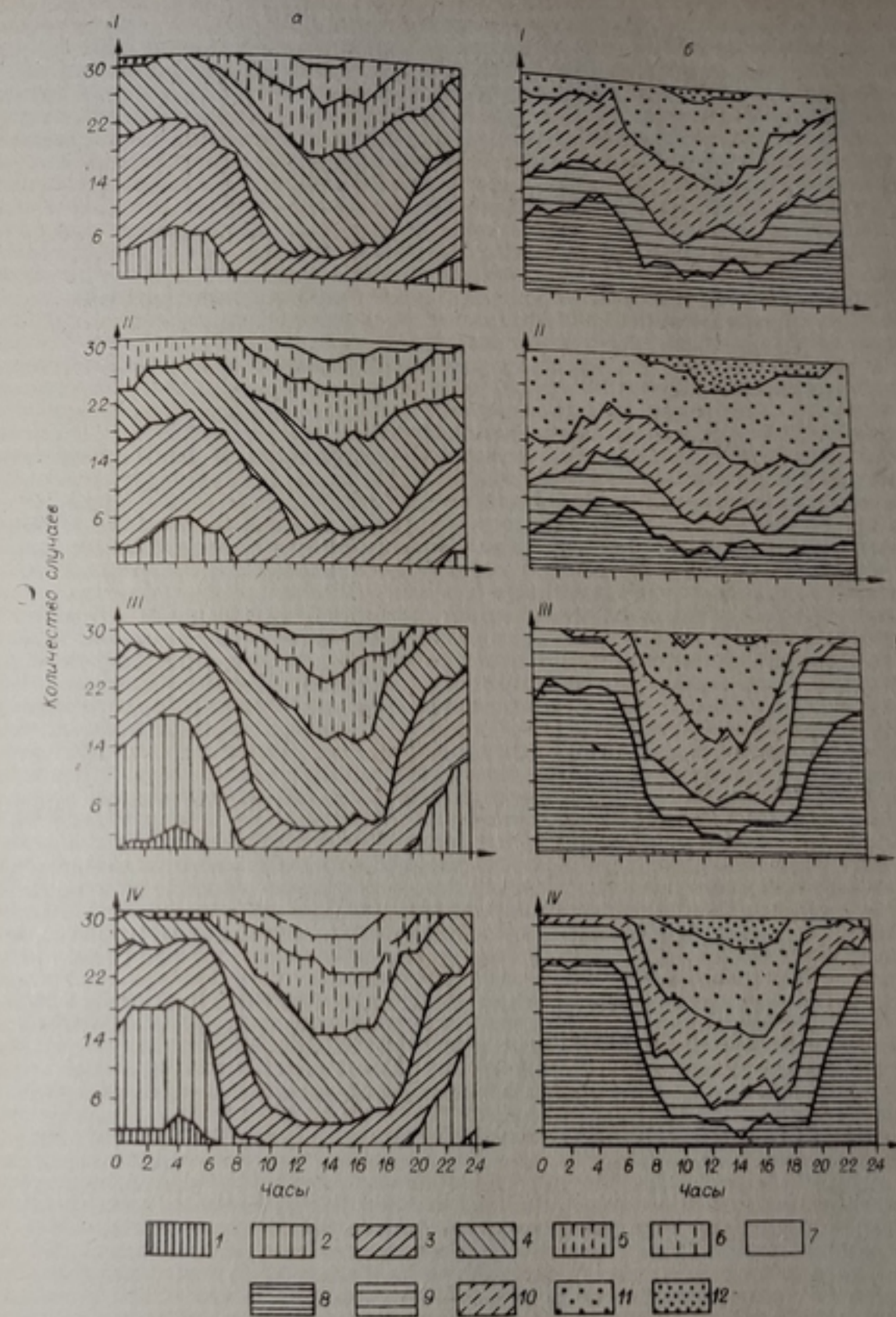


Рис. 17. Повторяемость разных величин температуры (а) и относительной влажности (б) воздуха в разных фациях (май, 1967 г.) (по Кремер, 1975). Фации: I — плакорная коренная, II — сублитоморфная полусерийная, III — субкриоморфная полусерийная, IV — то же, вырубка. Температура: 1 — от -10 до -5°; 2 — от -5 до 0°; 3 — от 0 до 5°; 4 — от 5 до 10°; 5 — от 10 до 15°; 6 — от 15 до 20°; 7 — от 20 до 25°. Относительная влажность: 8 — от 100 до 80%; 9 — от 80 до 60%; 10 — от 60 до 40%; 11 — от 40 до 20%; 12 — ниже 20%.



некоторых общих закономерностях, которым подчинена дифференцированность природного режима геосистем в пределах ландшафта.

#### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ТАЕЖНОЙ МЕСТНОСТИ

Рассмотрим результаты изучения небольшой «вырезки» из местности — полигона-трансекта площадью  $2320 \text{ м} \times 100 \text{ м}$ . Основные сведения о нем даны в виде картографических изображений местного рельефа и минерального субстрата, элементов почвенного покрова, состояния растительности, топогеосистем (Природные режимы..., 1975).

В ходе съемки на местности фиксировались мельчайшие выделы, различимые по признакам рельефа и растительного покрова. Площадь каждого такого выдела — до  $100\text{--}500 \text{ м}^2$ . Столь дробные подразделения выходят за рамки собственно ландшафтной иерархии и на картах не показаны. Но в качестве «естественных» площадей описания эти выделы позволили получить детализированные сведения, которые и дали возможность сформулировать изложенные выше представления о строении выделов фаций и о структурно-динамической неравноценности элементарных геосистем. Эти закономерности приняты во внимание при систематизации данных, приводимых ниже.

Далее остановимся главным образом на тенденциях пространственного изменения отдельных признаков фаций в пределах полигона-трансекта, привлекая для анализа результаты специально проведенных учетов на 39 пробных площадях и принимая во внимание уже сделанные выводы относительно сезонного хода процессов (рис. 18).

Предварительный анализ всей совокупности данных привел к выделению четырех основных типов изменения природных условий в локальном пространстве. Наиболее характерны для этих типов запас влаги в корнеобитаемом слое почвы, суточный минимум температуры воздуха, состав минерального субстрата, густота древостоя (см. рис. 18). Для удобства анализа исходные данные преобразованы в сравнимые безразмерные величины по формуле

$$x_i' = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}},$$

где  $x_i$  — исходная величина показателя на пробной площади  $X_{\min}$  — наименьшее и  $X_{\max}$  — наибольшее его значение в выборке из 39 площадей,  $x_i'$  — безразмерная величина. При графическом изображении данных сглажены некоторые несущественные колебания.

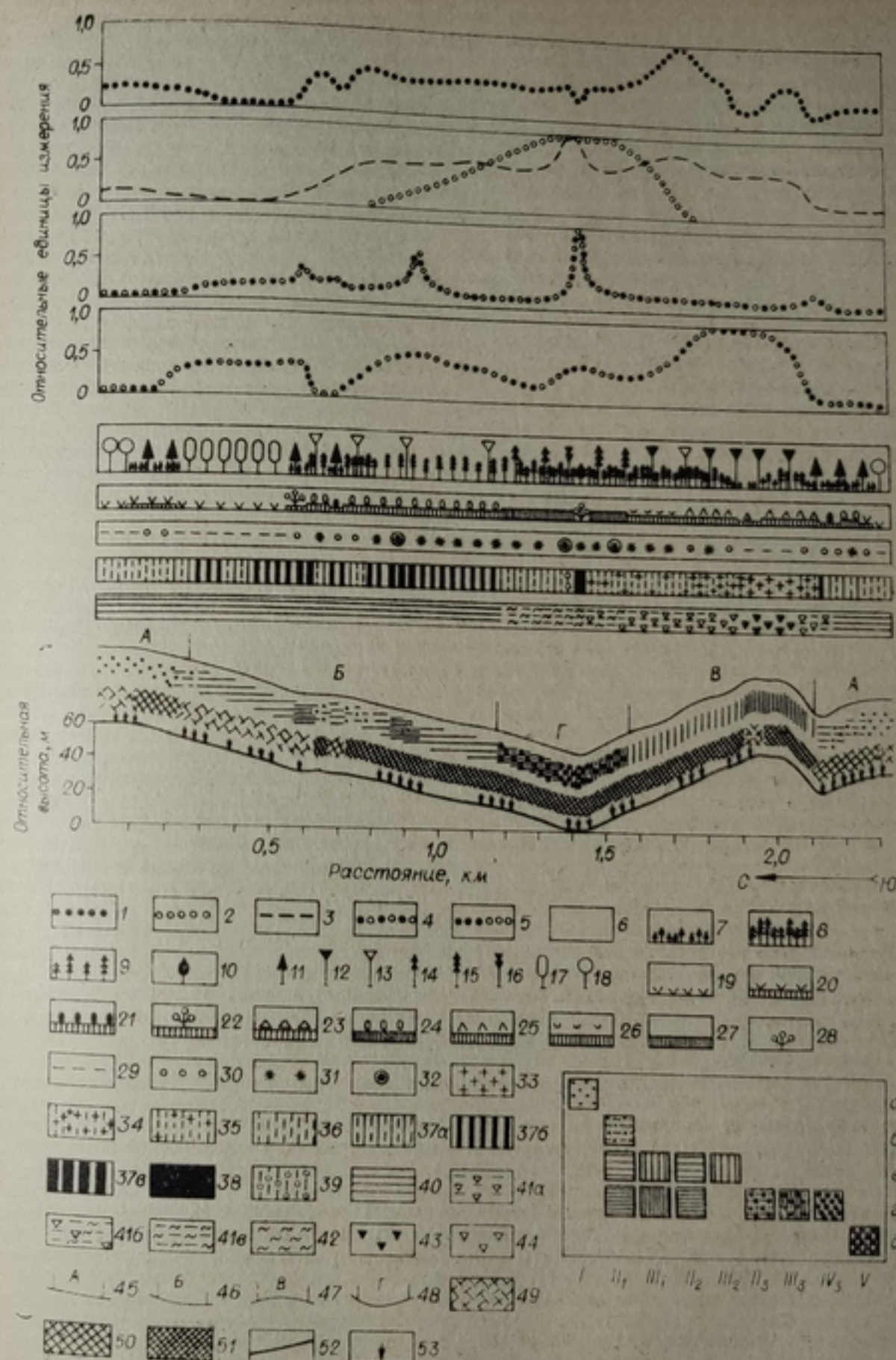


Рис. 18. Локальные тенденции изменения некоторых признаков фаций в пределах таежной местности.

Тенденции изменения количественных значений отдельных показателей: 1 — численность деревьев в расчете на 1 га (наибольшее — 6150, наименьшее — 1550); 2 — ко-



личество дней за летние месяцы (VI—VIII) с суточным минимумом температуры воздуха 0° и ниже (наибольшее — 11, наименьшее — 0, по данным Л. К. Кремер); 3 — то же, с суточным максимумом 30° и выше (наибольшее — 16, наименьшее — 3, по данным Л. К. Кремер); 4 — средний за летние месяцы запас влаги в корнеобитаемом (0—20 см) слое почвы (наибольший — 225 мм, наименьший — 70); 5 — среднее содержание меди в слое почвы 0—50 см (наибольшее 0,008%, наименьшее 0,002, по данным А. И. Щетникова).

#### Физиономические признаки.

Типы древостоев: 6 — сомкнутые крупнолесья; 7 — осветленные крупнолесья; 8 — распадающиеся крупнолесья с густым мелколесным ярусом из пихты; 9 — мелколесья из пихты; 10 — редколесья из березы и ели.

Видовой состав крупнолесной части древостоя: 11 — господство пихты; 12 — смешанный с преобладанием лиственницы, сосны, кедра; 13 — единичные лиственницы; 14 — смешанный из пихты, ели, лиственницы; 15 — смешанный из кедра, ели, лиственницы, пихты; 16 — кедрово-еловый с лиственницей; 17 — березовый с пихтой; 18 — смешанный с преобладанием осины.

Живой наземный покров: 19 — фрагментарный разнотравный; 20 — зеленомошно-разнотравный; 21 — зеленомошно-влажнотравный; 22 — кустарничково-влажнотравный; 23 — зеленомошно-бруснично-ирисовый; 24 — мелкотравно-зеленомошный с влажнотравьем; 25 — мелкотравно-зеленомошный с брусникой, ирисом; 26 — плауново-мелкотравно-зеленомошный; 27 — хвощовый долгомошно-зеленомошный; 28 — комплексный с преобладанием кустарничково-болотнотравного.

Оттаивание почвы: 29 — к началу периода массовой вегетации (вторая половина мая); 30 — в начале периода массовой вегетации (первая половина июня); 31 — в период интенсивного роста и максимума цветения (вторая половина июня — июль); 32 — многолетняя мерзлота (на глубине 150 см и глубже).

Почвы 33 — дерновые лесные; 34 — дерновые лесные оподзоленные и дерново-подзолистые скелетные маломощные; 35 — слабодерново-подзолистые со щебнем; 36 — средне- и сильноподзолистые с нормально развитым профилем; 37 — дерново-подзолистые с осложненным гумусовым профилем (а — с фрагментарным вторым гумусовым горизонтом, б — со сплошным вторым гумусовым горизонтом, в — темноокрашенные в комплексе с темноцветными неоподзоленными); 38 — перегнойно-глеевые и аллювиально-наносные; 39 — глеево-подзолистые.

Минеральный субстрат: 40 — древние элювиально-делювиальные суглинки большой и умеренной мощности (1,5—2 м и больше); 41 — то же, малой мощности (1—1,5 м) (а — с примесью щебня, б — с примесью щебня и линзами древних аллювиально-пролювиальных супесей, в — с линзами аллювиально-пролювиальных супесей); 42 — современный колювиально-пролювиально-аллювиальный комплекс (пылеватая супесь с органогенными прослойками и фрагментами каменных полей); 43 — современные аллювиальный щебень и дресва траппов; 44 — частично перемытые обломки траппов, скрепленные древними элювиально-делювиальными суглинками.

#### Ландшафтно-геосистемные подразделения.

Микрогеохоры: 45 — припакорные; 46 — водосборная; 47 — трапповая; 48 — долинная. Фация: а — коренная; б — полукоренные; в — мнимокоренные; г — полусерийные; д — серийные.

Факторально-динамические ряды: I — плакорный; II — субгидроморфные (II<sub>1</sub> — основной, II<sub>2</sub> — промежуточный, II<sub>3</sub> — микротермный); III — сублитоморфные (III<sub>1</sub> — основной, III<sub>2</sub> — промежуточный, III<sub>3</sub> — микротермный); IV<sub>3</sub> — субкриоморфный редуцированный.

Серии: V — криогидроморфная и аллювиально-гидроморфная.

Типы переменных состояний фаций: 49 — активизация; 50 — нормализация; 51 — стагнация.

Земная поверхность: 52 — геоморфологический профиль; 53 — места пробных площадей.

## Дифференциация флювиальных процессов

В тенденции изменения по профилю влажности корнеобитаемого слоя почвы привлекают внимание резкие колебания градиентов, не обнаруживающие, на первый взгляд, явной связи с местным рельефом. Тем не менее такая связь существует: с одной стороны, рассматриваемый рельеф по своему генезису является водно-эрозионным; а с другой — он выступает в роли важнейшего фактора пространственно-функциональной дифференциации флювиальных процессов (и увлажнения почвы в их числе). Остановимся преимущественно на второй стороне вопроса, так как в тех пространственно-временных масштабах, в которых рассматриваются местные геосистемы, она представляет первостепенный интерес.

Местный комплекс водно-эрозионного рельефа состоит из трех основных элементов — водоразделов, склонов, долины. Мы будем касаться главным образом доминирующего из них — склонов. Это довольно сложные по строению и динамике формы, дифференцированные на поверхности двух типов: водосборные понижения и водораздельные отроги. Первые являются своеобразными продолжениями долины, вторые — водоразделов.

Обширные водосборные понижения с разветвленной системой западинно-ложбинного микрорельефа свойственны преимущественно склонам в верховьях долин, формирующимся на осадочных породах. Водораздельные отроги здесь нередко редуцированы, и множество вложенных один в другой микробассейнов сливается в одно крупное водосборное понижение. По периферии одного такого водосборного понижения проходит северная часть профиля.

Иное строение у склона, расположенного к югу от долины. Встречающиеся здесь интрузивные тела благоприятствуют формированию примыкающих к ним массивных водораздельных отрогов и препятствуют широкому разветвлению водосборных понижений. Часть профиля, секущая трапповый склон, целиком находится в пределах такого водораздельного отрога.

На всем протяжении траппового склона от вершины к подножию прослеживается слабо выраженное увеличение влажности почвы. На водосборном же склоне такая тенденция сохраняется лишь в его верхней части. Ниже, вплоть до подножия, общий уровень запасов влаги повсюду приблизительно одинаков, но в немногих местах наблюдаются большие скопления влаги. Возможна следующая интерпретация этой особенности.

Верхняя часть водосборного склона находится в зоне мелкоструйчатого (плоскостного) стока, слой которого и, следо-



вательно, интенсивность смачивания почвы нарастают по мере увеличения расстояния от вершины. Равномерный рост увлажнения почвы прекращается с началом зоны зачаточных звеньев линейной гидросети. Здесь возникает неравномерность в смачивании почвы: оно усиливается под линейными водотоками, в то время как «микроводоразделы» не получают значительного дополнительного притока влаги. В верховьях крупных временных водотоков концентрируется наибольшее количество влаги, которое создает некоторую гидроморфность местообитания и способствует развитию эрозии.

Водораздельный отрог траппового склона с известными оговорками может быть целиком отнесен к зоне мелкоструйчатого стока. Оговорки эти заключаются в том, что на распределение запасов влаги на трапповом склоне помимо закономерностей стока влияет также специфика геологических структур и дифференцированность минерального субстрата.

Не останавливаясь на рассмотрении других областей (например, плакорных — преобладания инфильтрации и застоя влаги, долиной — смыкания поверхностных и грунтовых вод), отметим, что пространственно-функциональная дифференциация флювиальных процессов, конечно, не единственная причина варьирования увлажненности почвы. Все же роль этого фактора весьма велика, особенно на водосборных склонах. Так, выделенными зонами объясняется значительное варьирование не только влажности почвы, но и ее гумусированности, а также травянистости наземного покрова, видового состава сообществ и изменение по профилю ряда физиономических признаков (см. рис. 18).

#### Обнаженность минерального субстрата

Геохимический потенциал и другие свойства субстрата варьируют в первую очередь в зависимости от изменения в нем соотношения между основными компонентами: покровными суглинками и «свежими» частицами, поступающими из коренных пород. Главный источник «свежих» частиц — интрузивные тела траппов, прорезающие на земную поверхность в процессе денудации. Из таких очагов поступает сравнительно мало преобразованный субаэральными процессами материал (в виде щебня, дресвы и менее измельченных частиц), относительно богатый основаниями, полуторными окислами и другими химическими компонентами, содержание которых невелико в покровных суглинках, подвергавшихся длительному выветриванию и многократному переотложению, а также процессам почвообразования в таежной среде (Снытко, 1969; Хисматуллин, 1970; Снытко, Щетников, 1975). По сравнению с эффектом обновления субстрата, происходящего

за счет поступления «свежих» частиц, другие процессы имеют второстепенное значение в создании местной контрастности субстратов.

На рис. 18 отражена тенденция изменения по профилю содержания в почве одного из микроэлементов (меди). Сам по себе этот показатель не дает удовлетворительной характеристики субстрата, но в тенденции его изменения по профилю отражаются основные закономерности локального разнообразия субстратов.

Полярно противоположны по составу минерального субстрата трапповый останец и плакорные водоразделы (и водораздельные отроги плакорного типа на склонах). Промежуточное положение занимают склоновые участки, окаймляющие останец, а также водосборные понижения и долины. Относительно высокое содержание «свежих» частиц на прилегающем к останцу склоне обусловлено, с одной стороны, привнесом их от останца, с другой — более интенсивным здесь, чем на плакорах, удалением верхнего, наиболее выветрелого и выщелоченного слоя (в силу значительной энергии рельефа). Относительная сохранность геохимического потенциала в водосборных понижениях и в долине связана со специфическими особенностями водного, геоморфологического и биогеохимического режимов.

По физиономическим признакам (см. рис. 18) видно, что описанная дифференциация субстратов существенно сказывается на особенностях почвообразования, ценологических и экологических отношениях внутри биотических сообществ, а через эти каналы — на всех важнейших сторонах функционирования геосистем.

#### Локальные отток и накопление холода

Значительный избыток холода и дефицит тепла, свойственные изучаемому региону, на местности распределяются неравномерно. Основная причина этого — стекание охлажденного воздуха с возвышенных мест и скопление его в относительно замкнутых понижениях. Об этом локальном эффекте можно судить по распределению на профиле суточных минимумов температуры воздуха. По указанному признаку средняя разница между водоразделами и долиной составляет 4—5°, а при некоторых погодных ситуациях даже 10—12°.

Градиенты суточных максимумов ввиду интенсивного турбулентного перемешивания воздуха в дневные часы сравнительно невелики, поэтому с варьированием минимальной температуры воздуха связаны основные локальные различия средней суточной температуры, амплитуды ее суточного хода, суммы активных температур и других важнейших микрокли-



матических параметров (Кремер, Крауклис, 1969; Кремер, 1975).

Таким образом, выделяются две основные локальные области: оттока холода, где в летнее время температура воздуха в большинстве случаев не опускается ниже  $10^{\circ}$ , и притока холода, где в течение всего периода максимальной биотической активности суточные минимумы регулярно опускаются ниже  $10^{\circ}$ , а эпизодически — даже ниже  $0^{\circ}$ . Ввиду плавности перехода между этими областями может быть выделена также промежуточная зона, занимающая приблизительно вторую снизу четверть склонов.

С суточными минимумами температуры воздуха тесно коррелирует распределение по профилю температуры корнеобитаемого слоя почвы. Это и понятно, так как локальный процесс оттока — притока холода во многом регулирует, с одной стороны, летнее прогревание почвы, с другой — длительность сохранения в ней сезонной мерзлоты (т. е. последствие зимнего охлаждения).

Наблюдения за фенологическим состоянием ряда характерных таежных растений, выполненные Э. М. Злобиной (19756), показали, что в области притока (или локального накопления) холода фазы начала вегетации, цветения, наиболее интенсивного прироста наступают приблизительно на 5—10 дней позже, а фаза начала отмирания вегетативных частей — на столько же раньше, чем в приводораздельной области оттока холода.

#### Смена поколений древостоя

Значительную часть разнообразия растительного покрова и локальных различий природного режима геосистем можно объяснить прежде всего тем, что на местности одновременно представлены разные стадии смены поколений древостоя. Этот процесс имеет две составляющие: смены пород и циклические изменения возрастного состава отдельных ценопопуляций лесообразующих видов — главным образом пихты *Abies sibirica*.

Анализ древостоев пихты показал, что взаимоотношения между разными поколениями существенно меняются в процессе жизнедеятельности леса (рис. 19) и отражаются в большинстве признаков фаций и прежде всего в густоте древостоя.

По соотношению между крупными и мелкими деревьями древостой подразделяются на крупнолесья и мелколесья (рис. 20). В первых эдификаторами являются деревья зрелого возраста, реализовавшие свой биологический потенциал, а во вторых — преимущественно молодое поколение леса и угнетенные особи.

Наименее густой древостой ( $1,5\text{--}2,0$  тыс. экз/га отмечен в одном из сомкнутых ( $0,7\text{--}0,8$ ) крупнолесья — спелом березняке (с примесью пихты) водосборного склона. В то же время здесь самое большое количество живой надземной фитомассы ( $280$  т/га). В этом древостое  $50\text{--}60\%$  составляют крупноствольные деревья, т. е. достигшие спелого возраста и оптимально реализовавшие свой биологический потенциал. Другая категория деревьев — мелкоствольные, т. е. особи, не достигшие спелого возраста, а также сильно отстающие в росте спелые и перестойные — составляет  $40\text{--}50\%$ . Возобновление здесь в общем малочисленно, но в парцеллах, где преобладают входящие в возраст спелости пихты, имеются в большом обилии ее всходы и низкий подрост.

Естественному разреживанию крупнолесного яруса вследствие его старения сопутствуют дальнейшее «омоложение» древостоя в целом, увеличение его густоты, возрастание количества отмершей фитомассы и сокращение — живой. Так, относительно разнородны по возрастному составу и состоянию деревьев осветленные (сомкнутость крон  $0,5\text{--}0,6$ ) крупнолесья. Например, в плакорном пихтаче со слабоперестойным эдификаторным ярусом и густотой около  $3$  тыс. экз/га только  $10\text{--}15\%$  крупноствольных деревьев, остальные деревья ( $85\text{--}90\%$ ) — мелкоствольные, главным образом пихта в возрасте до  $40$  лет. При этом количество всходов невелико, а подрост начинает переходить в собственно древостой. Запас живой надземной фитомассы в этом сообществе  $210$  т/га.

В распавшемся крупнолесье на трапповом склоне, где процесс отмирания деревьев старого поколения продвинулся

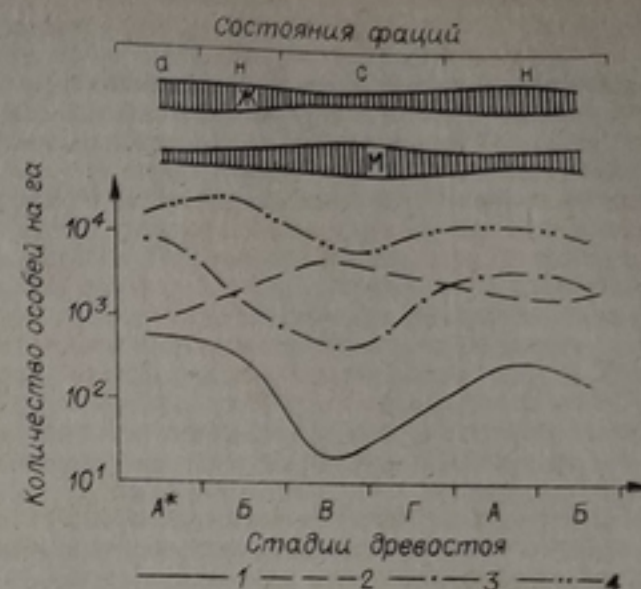


Рис. 19. Обобщенная схема динамики пихтового древостоя.

Стадии смены поколений: А\* — сомкнутое крупнолесье (из пихты и лиственных видов — последний этап восстановительной сукцессии); Б — осветленное крупнолесье (возраст эдификаторного полога  $100\text{--}120$  лет и больше, обильный подрост); В — густое мелколесье (преобладающий возраст эдификаторного полога  $40\text{--}60$  лет, интенсивное самоизреживание, возобновление минимально); Г — разреженное мелколесье (преобладающий возраст эдификаторного полога  $60\text{--}80$  лет); А — сомкнутое крупнолесье (возраст эдификаторного полога  $80\text{--}100$  лет, максимум возобновления). Элементы древостоя: 1 — крупные деревья старше  $80$  лет, оптимально развитые экземпляры; 2 — мелкие деревья (моложе  $80$  лет и угнетенные из остальных возрастных групп); 3 — оставшаяся часть подроста; 4 — сеянцы до  $3\text{--}4$  лет. Биомасса: ж — живых растений; м — отмерших. Переменные состояния фаций: а — активизация; и — нормализация; с — стагнация. (По возобновлению использованы результаты учетов, проведенных А. К. Черкашиным).





еще дальше — фитомассы примерно 10 т/га. Общая численность деревьев 5,9 тыс. экз/га; из них 98% — разновозрастное (с преобладанием деревьев возраста 40—60 лет) пихтовое мелколесье. Количество подроста здесь минимально.

Полное освобождение пихтового мелколесья из-под влияния прежнего эдификаторного яруса (от него сохраняются лишь отдельные «маяки» из наиболее долгоживущих пород, вносящие, однако, значительный вклад в общий запас живой фитомассы) по времени совпадает с достижением преобладающей частью деревьев возраста 60—80 лет, а также с частичным завершением естественного самоизреживания и переходом некоторых особей молодого поколения в разряд крупнолесья. Начинается «всплеск» возобновления в виде всходов и формирование жизнеспособного подроста. Такие мелколесья встречаются преимущественно в нижней части водосборного склона. Густота леса здесь 3,0—3,5 тыс. экз/га, запас живой фитомассы 200 т/га (без «маяков» — значительно меньше).

Описанная картина в целом согласуется с данными лесоводов о ходе возрастного развития таежного леса (Ивашкевич, 1929; Сирен, 1955; Колесников, 1956, 1972; Фалалеев, 1964; Леса Дальнего Востока, 1969; Казимиров, Морозова, 1973, 1975; Стационарные исследования..., 1975; и др.). С ландшафтной точки зрения заслуживает особого внимания тот факт, что в ходе этого сложного процесса меняются состав и жизнедеятельность биотического сообщества, а так-

же его отношения со средой обитания. В этой связи нами выделены три типа переменных состояний фаций: активизация (отсутствие древостоев или господство в них мелколист-венных пород), нормализация (спелые темнохвойные древо-стои), стагнация (распадающиеся крупнолесья и мел-колесья).

Активизация — это увеличение интенсивности ежегодного биогеохимического оборота, усиление тепло- и влагооборота в системе воздух — почва, возрастание активности флюви-альных и денудационно-аккумулятивных процессов (стока, эрозионного вреза, смыва и др.). Стагнация — уменьшение прироста живой биомассы древостоя, накопление медленно гумифицирующейся отмершей органики, резкое сокращение тепло-, влаго- и воздухообмена между атмосферой и почво-грунтами, снижение интенсивности процессов стока и дену-дации, возрастание «избытка» холода. Нормализация, как указывает само название, — приближение к умеренной ин-тенсивности большинства процессов.

Конкретные проявления приведенных переменных состоя-ний зависят от факторов местообитания, влияющих как на продуктивность леса, так и на продолжительность отдель-ных стадий развития всего возрастного цикла в целом.

Имеющиеся данные пока не позволяют сделать оконча-тельных выводов относительно ритмики смены состояний ак-тивизации, нормализации и стагнации в различных место-обитаниях. Однако возможно следующее заключение. Разно-образие возрастных состояний леса на таежной местности во многом предопределено ее контрастностью. По мере воз-растания контрастности местообитаний увеличивается ве-роятность того, что в один и тот же момент времени темно-хвойная тайга будет представлена на местности всеми ста-диями цикла возрастных смен.

### Топогеосистемы

Из приведенного материала видно, что в изучаемой местности существует несколько накладывающихся одна на другую форм пространственно-временной упорядоченности явлений — иначе говоря, частных географических структур. Так, инертное начало геосистемы вносит в таежную мест-ность следующие структурные элементы: водоразделы — во-досборные понижения — склоновые отроги — долина. Мо-бильные факторы приводят к функциональной дифференциа-ции территории, с одной стороны, на зоны плоскостного сто-ка — места концентрации влаги в линейные потоки — поймы, с другой — на области оттока холода — промежуточные «осе-вые» местоположения — участки накопления холода. С жиз-



недеятельностью биоты связаны, в частности, такие структурно-функциональные звенья, обусловленные возрастной динамикой древостоя: сомкнутые крупнолесья — осветленные крупнолесья — сомкнутые мелколесья — разреженные (переходящие в разряд крупного леса) мелколесья.

Конечно, этим не исчерпывается все разнообразие элементов местности и существующие между ними связи. Однако на основе проделанного анализа можно полагать, что названные структуры в данном случае имеют первостепенное значение. Далее рассмотрим, как эти формы упорядоченности явлений отражаются в свойствах фаций и отношениях между ними.

Для решения задачи вначале выделим «крайние» фации, противоположные в смысле интегральной структуры и динамичности. Один полюс представляет фация, формирующаяся на присклоновых плакорах. По имеющимся данным, для нее характерны максимальная устойчивость инертного начала геосистемы (минерального субстрата и рельефа) и сглажены флуктуации транзитных потоков, что благоприятствует установлению стабильных связей между всеми компонентами.

Противоположный полюс образуют множества биогеоценозов, приуроченных к динамичным местоположениям: к пойме ручья и его истокам, а также к каменистым обнажениям на трапповом останце. В этих местоположениях фиксированная часть биогеоценоза подвержена частой и довольно интенсивной перестройке под воздействием резких колебаний интенсивности отдельных транзитных потоков и слабой их сбалансированности. Лес здесь в значительной мере редуцирован и его отчасти заменяют травяные, кустарниковые, болотные сообщества. Такие биогеоценозы рассматриваются как выделы серий, или серийные фации.

По признаку ведущих процессов серия, связанная с прирусловой поймой ручья, может быть названа аллювиально-криоморфной, а серия, обусловленная мерзлотными процессами и подпором влаги, возникающая на контакте между поймой и подножием склона, — криогидроморфной. В центрах водосборных понижений, где концентрация струй поверхностного и почвенно-грунтового стоков приводит к возникновению линейных водотоков с постоянными руслами (истоки ручьев), обозначаются выделы гидроморфной серии. Наконец на обнажениях скал, где господствуют снос мелкозема и выветривание свежей коренной породы, существуют литоморфные серии.

На полигоне-трансекте серийные фации весьма ограничены. Особенно это касается двух последних серий. Гидроморфная представлена небольшими фрагментами, которые правильнее рассматривать как структурные элементы в рам-

ках полусерийной субгидроморфной фации. Литоморфная серия на карте совсем не показана. Ее фрагменты в составе полусерийной фации встречаются на некоторых примыкающих к полигону-трансекту участках.

Упомянем также серию плакорного заболачивания, связанного с длительным застаиванием почвенной верховодки, наблюдающейся в глубине обширных плакорных водоразделов. Эта серия в Приангарье не получает значительного развития. Она отсутствует на полигоне-трансекте, а также практически во всей окружающей его местности с расчлененным рельефом и хорошо дренируемой, что обусловлено ее положением в придолинной полосе крупной транзитной реки.

Установление внутриландшафтных (топических) полюсов необходимо для того, чтобы по отношению к ним определить степень устойчивости (динамичности) отдельных фаций, систематизировать их по структурно-динамическим признакам и упорядочить в соответствии с интенсивностью проявления присущих фациям динамических тенденций, иными словами, для построения системы факторально-динамических рядов, раскрывающей в обобщенном виде отношения между фациями исследуемого ландшафта.

Выделены ряды, отражающие связи между коренной плакорной фацией, с одной стороны, и сериями гидроморфной (субгидроморфный ряд), литоморфной (сублитоморфный) и криогидроморфной (субкриоморфный) — с другой. Собственно плакорный субстагнационный ряд в данном случае не охарактеризован, поскольку на полигоне-трансекте отсутствуют промежуточные звенья между коренной плакорной фацией и серией плакорного заболачивания. На полигоне-трансекте нет условий также для сколько-нибудь полного проявления субкриоморфного ряда в чистом виде. Выделение промежуточного и микротермного вариантов субгидроморфного и сублитоморфного рядов объясняется постепенным затуханием субгидроморфных и сублитоморфных признаков по мере приближения к долине, которая является областью локального скопления «холода».

Представленные в виде такой системы фации изображены на рис. 7 и охарактеризованы в табл. 7. Кроме того, здесь содержится и указание на биогенные переменные состояния фаций: активизацию, стагнацию и нормализацию, о которых уже упоминалось выше.

Приведенный список, безусловно, не исчерпывает ни всего разнообразия фаций региона, ни их состояний. Полигон-трансект не может вместить все это из-за ограниченных размеров. Тем не менее рассматриваемая натурная модель весьма «представительна» как в смысле классификационных подразделений (геомеров) регионального плана, так и геохор топического порядка.



Фации, представленные на полигоне-трансекте, и их переменные состояния

Фация	Нормализация	Активизация	Стагнация
1	2	3	4
Коренная	Плакорный ряд		
	Пихтовые разновозрастно-мелкотравные осветленные и редкие крупные суглинистыми почвами на присклонных плакорах	Осиновые редкотравные и хвойно-осиновые разновозрастные сомкнутые и осветленные крупные с мелкотравно-дерновым, средне- и сильноподзолистыми суглинистыми почвами на присклонных плакорах	—
Полужоренная	Субгидроморфный ряд		
	Пихтовые разновозрастные осветленные и редкие крупные с мелкотравно-дерновым-среднеподзолистыми (со следами второго гумусового горизонта) суглинистыми почвами на окраинах водосборных понижений	Березовые редкотравные и осочково-разнотравные сомкнутые и осветленные крупные с дерново-подзолистыми (со следами второго гумусового горизонта) суглинистыми почвами на окраинах водосборных понижений	Пихтовые мелкотравные зеленомошные сомкнутые мелколесья с мелкотравно-дерново-среднеподзолистыми (со следами второго гумусового горизонта) и суглинистыми почвами на окраинах водосборных понижений
Мнимокоренная	Пихтовые разновозрастно-влажнотравные осветленные крупные с дерновым-подзолистыми (с умеренным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на водосборных склонах	Березовые редкотравные и разнотравные сомкнутые и осветленные крупные суглинистые и увлажнотравные луговины с дерново-подзолистыми (с умеренным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на водосборных склонах	Пихтовые увлажнотравно-мелкотравно-зеленомошные осветленные и сомкнутые мелколесья с дерновым-подзолистыми (с умеренным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на водосборных склонах

Полусерийная	Пихтовые увлажнотравные осветленные крупные с дерново-подзолистыми темноокрашенными подзолистыми и темноцветными суглинистыми почвами по вершинам ложин на водосборных склонах	—	—
Серийная (фрагмент)	Черемухово-смородиновые заросли увлажнотравные с лесными биогруппами с темноцветными на глеево-подзолистых суглинистых перемотых почвах по руслам временных водотоков		
Полужоренная	Промежуточный субгидроморфный ряд		
	Пихтовые разновозрастно-зеленомошные созревающие мелколесья с мелкотравно-дерново-среднеподзолистыми (со следами второго гумусового горизонта) суглинистыми почвами по микродоразделам на водосборных склонах	—	Пихтовые мелкотравно-зеленомошные осветленные мелколесья с мелкотравно-дерново-среднеподзолистыми (со следами второго гумусового горизонта) суглинистыми почвами по микродоразделам на водосборных склонах
Мнимокоренная	Пихтовые увлажнотравно-зеленомошные созревающие мелколесья и осветленные крупные с дерновым-подзолистыми (с умеренным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами по микродоразделам на водосборных склонах	—	Пихтовые увлажнотравно-мелкотравно-зеленомошные осветленные мелколесья с темноокрашенными подзолистыми суглинистыми почвами по вершинам ложин на водосборных склонах
Полусерийная	—	—	—
Серийная (фрагмент)	Зеленомошно-влажнотравные лесные прогалы с глеево-подзолистыми суглинистыми перемотыми почвами по руслам временных водотоков		



1	2	3	4
Полусерийная	—	Микротермный субгидроморфный ряд	Пихтово-еловые с кедром и лиственницей долгомошно-зеленомошные редкие крупнолесья с мелкодерново-среднеподзолистыми (со вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами на придолинных частях водосборных склонов
Полукоренная	Светлохвойно-темнохвойные ирисово-разнотравные редкие крупнолесья с дерново-среднеподзолистыми (со щебнистым иллювиальным горизонтом) почвами на вогнутых склонах трапповых холмов	Сублиморфный ряд	Пихтовые мелко-зеленомошные мелколесья (со щебнистым среднеподзолистыми (со щебнистым иллювиальным горизонтом) почвами на вогнутых склонах трапповых холмов
Мнимокоренная	Светлохвойно-темнохвойные бруснично-ирисово-разнотравные редкие крупнолесья с дерново-подзолистыми и дерновыми лесными оподзоленными и выщелоченными суглинисто-щебнистыми почвами на выпуклых склонах трапповых холмов	—	Пихтовые мелко-зеленомошные мелколесья с остаточным крупнолесьем с дерново-подзолистыми и дерновыми лесными оподзоленными и выщелоченными суглинисто-щебнистыми почвами на выпуклых склонах трапповых холмов
Полусерийная	Светлохвойно-темнохвойные ирисово-брусничные осветленные и редкие крупнолесья с дерновыми лесными и скелетными почвами по вершинам трапповых холмов	—	Пихтовые мелко-зеленомошные с брусничной мелколесья с остаточным крупнолесьем с дерново-лесными скелетными почвами по вершинам трапповых холмов

Мнимокоренная	—	Промежуточный сублиморфный ряд	Пихтовые плауново-мелкотравно-зеленомошные мелколесья с остаточным крупнолесьем с мелкодерново-средне- и сильноподзолистыми почвами (со щебнистым иллювиальным горизонтом) на склонах у подножий трапповых выступов
Полусерийная	—	Микротермный сублиморфный ряд	Пихтовые долгомошно-зеленомошные мелколесья с остаточным крупнолесьем с холодными средне- и сильноподзолистыми щебнисто-суглинистыми почвами на придолинных частях трапповых склонов
Полусерийная	—	Субкриоморфный ряд	Кедрово-еловые зеленомошно-долгомошные редкие крупнолесья с холодными глеево-подзолистыми (с фрагментарным вторым гумусовым горизонтом) суглинистыми почвами по подножиям склонов в долинах
Серийная	Кедрово-еловые березовые кустарниковые болотно-травные редколесья с холодными глеево-подзолистыми, темноцветными и перегнойно-глеевыми суглинистыми и скелетными почвами на контакте поймы и подножия склона в долине	Криогидроморфный ряд (серия)	
Серийная	Комплекс елово-березовых биогрупп, кустарниковых зарослей и крупнотравных луговин с аллювиальными перегнойно-глеевыми почвами по прирусловой пойме в долине	Аллювиально-криоморфный ряд (серия)	



Выделенные фации относятся к трем геомам. Фации 2—9 (см. табл. 7) — субгидроморфные — принадлежат к пихтовому южнотаежному с субнеморальными элементами равнинному геому. Представителями другого геоба — кедрово-пихтового южнотаежного с горно-таежными элементами «полугорного» — являются фации 11—15 (сублитоморфные). Полусерийная субкриоморфная фация и мнимокоренная микротермно-субгидроморфная — входят в третий геом — условно назовем его кедрово-еловыми редколесьями низин. Но в пределах полигона-трансекта из-за сильного воздействия локального окружения они едва ли могут считаться достаточно характерными представителями этого геоба. Коренная плакорная фация ближе всего к первому из названных геомов — пихтовому. Все же, возможно, правильнее ее рассматривать как связующее звено между тремя геомами — уже названными пихтовыми и кедрово-пихтовыми и особым светлохвойно-темнохвойным южнотаежным с континентально-среднетаежными элементами, приуроченным к междуречьям с недостаточным естественным дренажем и олиготрофным субстратом.

На карте хорошо заметна неравномерность в локализации фаций, относящихся к различным факторально-динамическим рядам и геомам. Обозначающиеся при этом композиции можно рассматривать как отражение существующих на местности пространственно-функциональных систем уровня микрогеохор. Полигон-трансект захватывает четыре такие микрогеохоры (см. рис. 18).

Одна из них — водосборная — приурочена к пологому склону, покрытому суглинистым субстратом и в целом образующему водосборное понижение, дающее начало основному ручью. В сущности, это система вложенных одно в другое водосборных понижений более мелкого порядка, обуславливающих формирование здесь фаций главным образом субгидроморфного режима. Пространственные и функциональные отношения фаций в данной микрогеохоре определяются в первую очередь процессами поступления влаги со склонов в гидрографическую сеть и продвижением по направлению к водоразделу начальных звеньев эрозионных образований.

Другая микрогеохора, трапповая, приурочена к участку структурно-денудационного рельефа. Главное звено здесь — выступы, обусловленные залеганием интрузивных тел и создающие предпосылки для возникновения фаций сублитоморфного ряда. Современные флювиальные процессы, как и в предыдущей микрогеохоре, играют важную роль в пространственно-функциональных отношениях между фациями, однако на траппах образуемая ими композиция несет сильный отпечаток «последствия» геологического прошлого.

В долинной микрогеохоре центральную ось образуют аллювиально-криоморфная и криогидроморфная серии, связанные с деятельностью ручья. Кроме того, существенное значение имеют подсклонные эффекты, сказывающиеся на тепловом и водном режимах. В сфере действия этих эффектов формируются фации субкриоморфные, а также микроводосборной и трапповой долинные отделены довольно проблематичной верхней границей (см. рис. 18) распространения террасовидных образований, с которой приблизительно совпадает также верхний предел проявления основных подсклонных эффектов.

В геометрическом и функциональном смысле на карте приплакорная микрогеохора отделена от водосборной и трапповой лишь условно. Дело в том, что по причинам, которые уже назывались, в данной местности междуречья плакорного типа фрагментарны. При этом в результате глубоко продвинувшейся сети эрозионных образований специфические плакорные процессы уступают процессам «водосборным» (транзиту и концентрации влаги) и «трапповым» («прорезанию» интрузивных тел). В соответствии с этим субгидроморфный и сублитоморфный ряды здесь представлены большим разнообразием фаций, чем плакорный.

Фациальный состав остальных внутриландшафтных подразделений и закономерности их распространения отчасти видны из рис. 6—9 и соответствующих приложений. Подробнее эта тема рассмотрена в другой нашей обобщающей работе (Крауклис, 1969а), и мы на ней здесь не будем останавливаться. Не будем также касаться использования разработанных представлений при обзорном ландшафтном картографировании, так как об этом сказано в предыдущей главе.

#### ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ ПОЛИГОНА-ТРАНСЕКТА

В предыдущем разделе данные полевой съемки полигона-трансекта и других наблюдений проанализированы преимущественно с качественной точки зрения.

Приводимое ниже описание полигона-трансекта, в сущности, попытка систематизировать на статистической основе результаты полевых наблюдений и представить массив исходных данных в более сжатом виде. Вместе с тем предполагалось проверить, в какой мере полученные чисто качественным путем схемы структуры и динамики геосистем согласуются со статистическими оценками. Наконец, имелось в виду получить дополнительную информацию о существующих в геосистемах соотношениях между факторами.



С этой целью вычислены следующие параметры: варьирование признаков фаций на полигоне-трансекте, степень сходства выделов фаций, степень сходства отдельных признаков фаций по характеру варьирования на местности, статистическое отношение между признаками фаций. Использовались обычные методы математической статистики — подсчет арифметических средних, средних квадратических отклонений, парных коэффициентов линейной корреляции, главных компонент.

### Исходные данные

Принимая во внимание результаты предварительного анализа, в этом статистическом эксперименте использованы 20 признаков в качестве характеристик выделов фаций и 39 пробных площадей (см. рис. 18) — элементов местности. Пробные площади выбраны приблизительно пропорционально числу фаций и занимаемой ими части полигона-трансекта (табл. 8).

Таблица 8

Распределение пробных площадей по фациям

Фация	Пробные площади		Площадь фации на полигоне-трансекте	
	число	%	га	%
Плакорная коренная . . . . .	6	15,38	2,47	10,60
Субгидроморфная и промежуточно-субгидроморфная полукоренные	6	15,38	3,91	16,45
Субгидроморфная мнимокоренная . . .	5	12,82	3,61	15,20
Субгидроморфная полусерийная с фрагментом гидроморфной серии	1	2,56	0,51	2,14
Промежуточно-субгидроморфная мнимокоренная . . . . .	4	10,26	2,57	10,83
Промежуточно-субгидроморфная полусерийная с фрагментом гидроморфной серии . . . . .	2	5,13	0,42	1,75
Микротермная-субгидроморфная полусерийная . . . . .	3	7,70	1,73	7,28
Сублитоморфная полукоренная . . . .	1	2,56	2,02	8,51
Сублитоморфная мнимокоренная . . .	3	7,70	1,48	6,24
Сублитоморфная полусерийная . . . .	1	2,56	0,60	2,50
Промежуточно-сублитоморфная мнимокоренная . . . . .	2	5,13	1,97	8,30
Микротермная-сублитоморфная полусерийная . . . . .	3	7,70	1,10	4,64
Субкриоморфная полусерийная . . . .	1	2,56	0,40	1,68
Аллювиально-гидроморфная и криогидроморфная серии . . . . .	1	2,56	0,92	3,88
Всего . . . . .	39	100,00	23,71	100,00

Полевые наблюдения и первичная обработка данных выполнены по специальной программе, подготовленной автором настоящей работы совместно с Г. Н. Григорьевым, Э. М. Злобиной, Л. К. Кремер, Г. П. Топорковой при участии группы студентов-практикантов из разных вузов страны. Статистическая обработка данных проведена в ВЦ Иркутского университета под руководством В. Н. Евдокимовой на ЭВМ М-222 по программе, составленной С. Е. Сыклен. Исходные материалы для ЭВМ подготовила Л. К. Кремер. Результаты в целом опубликованы в книге «Природные режимы и топогеосистемы...» (1975).

Коротко поясним, как собирались исходные данные (рис. 21, табл. 9, 10).

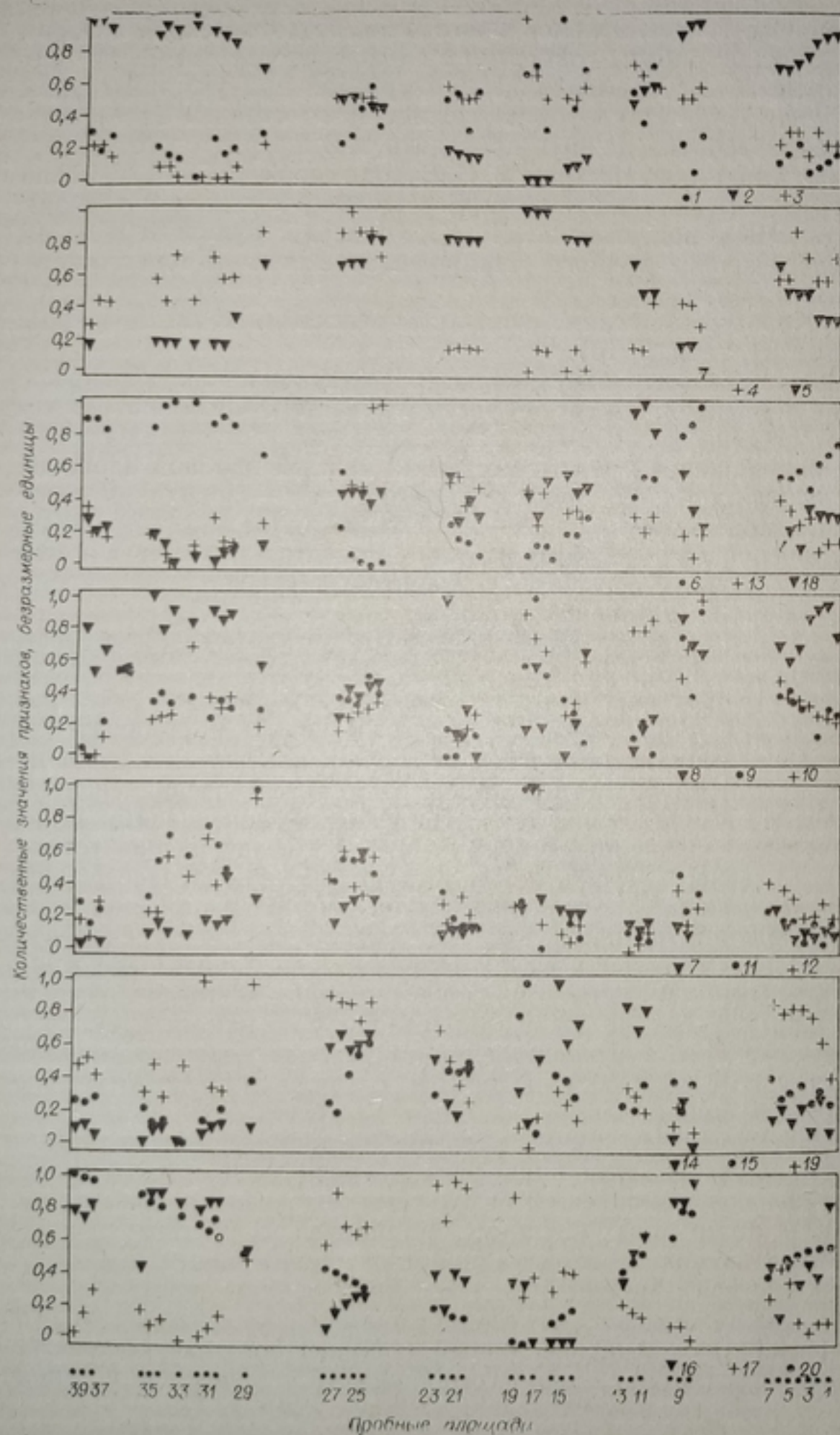
Прежде всего отметим, что внутрифациальное варьирование признаков здесь не рассматривается. Описание дается по средним величинам, полученным на основе измерений, выполнявшихся в шести местах на каждой пробной площади. При этом наиболее изменчивый признак — суммарная радиация под пологом леса — на каждой площади измерялась в 60 пунктах. Характеристики древостоя получены путем пересчета всех деревьев (с диаметром больше 2 см), произрастающих на пробной площади.

Показатели состояния древостоя, актуальная кислотность (рН) и гумусированность почвы и, естественно, относительная высота поверхности определялись только один раз. Остальные показатели, имеющие выраженный сезонный ход (гидротермика и биомасса) измерялись 3 раза в летний период 1971 г.: во второй половине июня, в середине июля и начале августа. В расчетах использованы осредненные за все три срока величины, приближенно характеризующие тот период летнего сезона, когда суточная температура воздуха превышала 10°. Для актинометрических и психрометрических наблюдений выбирались безоблачные дни, а измерения проводились в те часы, когда суточные колебания были минимальными. В суточном ходе радиации это было время с 11 ч 30 мин до 13 ч по местному солнечному времени, а температуры и относительной влажности воздуха — приблизительно с 13 ч 30 мин до 15 ч, а также в предшествующий восходу солнца час.

Полученные таким образом величины температуры и влажности воздуха приведены к средним за летний период значениям, опираясь на результаты непрерывных наблюдений на стационарных пунктах. Радиация за рассматриваемый период охарактеризована приближенной средней величиной, ожидаемой в полуденные часы при безоблачном небе.

Фенологическое состояние растений описано только на примере двух видов — линнеи (*Linnaea borealis*) (генеративные органы, цветение) и майника (*Majanthemum bifolium*)





(вегетативные части, отмирание). Оба вида весьма характерны для таежных сообществ и в достаточном обилии встречаются практически на всех пробных площадях. В опыте рассматривалось состояние названных видов в середине фазы максимальной биотической активности фаций на один определенный день (линия — 14 июля, майник — 15 июля).

Фенологическое состояние выражено величиной интегрального показателя  $F$  (Злобина, 1975а) и рассчитано по формуле

$$F = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + \dots + v_n t_n}{(v_1 + v_2 + \dots + v_n)} \times 100,$$

где  $t_1, t_2, \dots, t_n$  — коэффициенты, соответствующие отдельным подфазам сезонного развития генеративных или соответственно вегетативных органов, а  $v_1, v_2, \dots, v_n$  — количество учитываемых единиц, находящихся на данный момент в каждой из подфаз  $t$ . Выделялись следующие подфазы развития генеративных органов: начало бутонизации ( $t_1$ ), формирование бутона ( $t_2$ ), завершение бутонизации ( $t_3$ ), зацветание ( $t_4$ ), полное цветение ( $t_5$ ), отцветание ( $t_6$ ), начало образования плода ( $t_7$ ), созревание плода ( $t_8$ ). Они выражались коэффициентами  $t_1=1, t_2=2$  и т. д. Из феносостояний вегетативных частей рассматривались только четыре подфазы отмирания листьев ( $t_1=1, t_2=4, t_3=7, t_4=8$ ).

На каждой пробной площади объем выборки составлял по 200 цветков линии и столько же побегов майника.

Интегральный показатель  $F$  характеризует феносостояние совокупности учитываемых единиц в данный момент по отношению к тому состоянию, когда все особи перейдут в завершающую фенопроцесс подфазу (в данном случае для генеративных органов  $t_8=8$ , для вегетативных —  $t_4=8$ ). Величина  $F$ , таким образом, меняется от 0 (фенопроцесс еще не начался) до 100 (фенопроцесс завершился).

Сравнение разных показателей по характеру пространственного варьирования осложняется тем, что изучаемые признаки, как правило, выражены в несопоставимых единицах измерения. Поэтому для выполнения последующего количественного описания исходные данные преобразованы в сравнимые безразмерные величины по приведенной на с. 131 формуле. Количественное значение любого признака, выраженного в таких единицах, изменяется в пределах от 0 (минимум) до 1 (максимум на полигоне-трансекте). Сделанное преобразование исходных данных, естественно, налагает существенные ограничения на возможности интерпретации результатов, в особенности с точки зрения функционирования

Рис. 21. Изменение количественных значений признаков фаций по полигону-трансекту. (Признаки перечислены в табл. 9 и в тексте).



Таблица 9  
Статистическая характеристика количественных значений признаков в биогеоценозах полигона-трансека

№ п/п	Признак	Максимум		Минимум		Амплитуда	Среднее арифметическое		Среднее квадратическое отклонение
		количественное значение	пробная площадь	количественное значение	пробная площадь		в исходных единицах	в безразмерных единицах	
1	Суммарная радиация под пологом леса, кал/см <sup>2</sup> ·мин . . . . .	0,44	16	0,07	33	0,37	0,19	0,32	0,08
2	Суточные минимумы температуры воздуха, °С . . . . .	11,3	38—39	7,5	17—19	3,7	9,7	0,59	1,3
3	Суточные максимумы температур воздуха, °С . . . . .	20,2	19	18,8	31—33	1,4	19,3	0,37	0,3
4	Суточные минимумы относительной влажности воздуха, % . . . . .	59	27	52	16; 14; 19	7	55	0,45	2
5	Суточные максимумы относительной влажности воздуха, % . . . . .	94	17—19	88	8	6	91	0,52	2
6	Температура почвы на глубине 20 см, °С . . . . .	91	33—34	2,2	25	6,9	5,8	0,52	2,3

7	Влажность почвы в слое 0—20 см, мм	225	18	67	38	158	99	0,20	27	0,17
8	pH подстилки . . . . .	6,0	36	4,8	20	1,2	5,5	0,57	0,4	0,30
9	pH почвы в слое 0—20 см . . . . .	5,8	18	4,2	22; 38	1,6	4,7	0,32	0,4	0,22
10	pH почвы в слое 30—40 см. . . . .	6,2	8	4,5	38	1,7	5,1	0,38	0,4	0,26
11	Гумусированность почвы в слое 0—20 см, % . . . . .	5,1	18	1,5	17	3,6	2,7	0,34	0,9	0,25
12	Гумусированность почвы в слое 30—40 см, % . . . . .	2,3	18	0,5	13	1,8	1,1	0,33	0,4	0,22
13	Отмершая напочвенная органика*, ц/га (сырой вес) . . . . .	1400	24	300	33	1100	652	0,32	231	0,21
14	Зеленая биомасса мха, ц/га . . . . .	14,3	16	1,1	33	13,2	5,5	0,33	3,7	0,28
15	Зеленая биомасса травянистых и кустарничковых растений, ц/га . . . . .	8,5	18	0,3	33	8,2	3,1	0,34	1,5	0,18
16	Фенологическое состояние генеративных органов травянистых растений	96	8	60	17	36	78	0,50	10	0,29
17	Фенологическое состояние вегетативных частей травянистых растений	40	21	3	33	37	17	0,37	11	0,30
18	Густота леса, количество деревьев, тыс/га . . . . .	6,1	12	1,6	34	4,5	3,2	0,35	1,0	0,23
19	Обилие пихты**, м <sup>2</sup> /га . . . . .	27	32	4	18	23	16	0,51	7	0,29
20	Относительная высота, м . . . . .	59	39	1	18	58	31	0,51	16	0,27

\* Валежник учтен не полностью.

\*\* Сумма поперечных сечений стволов на высоте груди (1,3 м)



Таблица 10  
Статистическая характеристика количественных значений признаков фаций

Признаки	Максимум		Минимум		Амплитуда		Среднее арифметическое		Среднее квадратическое отклонение	
	в исходных единицах измерения	в безразмерных величинах	пробная площадь	в безразмерных величинах	пробная площадь	в безразмерных величинах	в исходных единицах измерения	в безразмерных величинах	в исходных единицах измерения	в безразмерных величинах
2	11,3	1,00	38—39	10,1	0,68	6, 7, 29	1,2	0,32	10,7	0,87
6	9,4	1,00	33—34	5,5	0,48	4	3,6	0,52	7,7	0,80
8	6,0	1,00	36	5,4	0,53	38	0,6	0,47	5,8	0,79
20	59	1,00	39	26	0,43	7	33	0,57	42,2	0,71
16	96	1,00	8	66	0,17	6	30	0,83	84,8	0,69
4	58	0,86	5,29	54	0,29	8,39	4	0,51	56	0,56
19	27	1,00	32	7	0,11	8	20	0,89	17	0,55
11	5,0	0,97	29	1,7	0,06	2	3,3	0,91	2,8	0,37
12	2,2	0,94	29	0,6	0,06	38	1,6	0,88	1,1	0,35
10	6,2	1,00	8	4,5	0,00	38	1,7	1,00	5,1	0,35
9	5,7	0,93	8	4,2	0,00	38	1,5	0,93	4,7	0,34
5	92	0,67	7	88	0,00	8	4	0,67	90	0,29
15	3,8	0,43	7	0,3	0,00	33	3,5	0,43	2,5	0,27
18	4,2	0,57	10	1,6	0,00	34	2,6	0,57	2,5	0,20
3	19,6	0,57	8	18,8	0,00	31—34	0,8	0,57	19,1	0,20
13	800	0,42	7	300	0,00	34	500	0,42	509	0,19
1	0,18	0,30	39	0,07	0,00	33	0,11	0,30	0,13	0,17

Приводимая площадь

17	22	0,50	29	3	0,00	33	19	0,50	9	0,17	5	0,14
7	116	0,31	29	67	0,00	38	49	0,31	27	0,13	11	0,07
14	5,2	0,31	2	1,1	0,00	33	4,1	0,31	2,7	0,12	1,0	0,08

Приводимая площадь

5	94	1,00	17—19	91	0,50	11—12	3	0,50	93	0,79	1	0,14
17	40	1,00	21	10	0,19	11	30	0,81	25	0,60	10	0,27
14	14,3	1,00	16	3,1	0,15	18	11,2	0,85	8,8	0,58	2,9	0,22
3	20,2	1,00	19	19,4	0,43	24	0,8	0,57	19,6	0,56	0,2	0,13
18	6,1	1,00	12	2,7	0,27	22	3,4	0,73	2,5	0,51	2,7	0,20
1	0,44	1,00	16	0,15	0,22	28	0,29	0,78	0,26	0,50	0,07	0,19
13	1400	1,00	24	400	0,12	12	1000	0,88	806	0,46	246	0,22
19	25	0,92	28	4	0,00	18	21	0,92	15	0,46	7	0,29
15	8,5	1,00	18	1,0	0,08	17	7,5	0,92	3,8	0,43	1,7	0,21
10	6,0	0,90	19	4,6	0,07	23	1,4	0,83	5,2	0,42	0,5	0,28
4	59	1,00	27	52	0,00	14 16, 19	7	1,00	54	0,33	2	0,34
8	5,9	0,98	23	4,8	0,00	20	1,1	0,98	5,2	0,31	0,3	0,24
11	5,1	1,00	18	1,5	0,00	17	3,6	1,00	2,6	0,30	0,9	0,25
12	2,3	1,00	18	0,5	0,00	13	1,8	1,00	1,0	0,30	0,4	0,25
9	5,8	1,00	18	4,2	0,00	22	1,6	1,00	4,7	0,30	0,4	0,24
7	225	1,00	18	84	0,10	23	141	0,90	51	0,28	33	0,21
16	84	0,66	18	60	0,00	17	24	0,66	70	0,28	7	0,19
2	9,7	0,58	11	7,5	0,00	17—19	2,2	0,58	8,5	0,27	0,8	0,21
20	34	0,57	11	1	0,00	18	33	0,57	17	0,27	10	0,17
6	6,0	0,55	12	2,2	0,00	25	3,8	0,55	3,6	0,20	1,1	0,16



систем. Но оно удобно для исследования пространственных закономерностей, имеющих место при локальном варьировании количественных значений признаков фаций. Рассмотрение таких закономерностей и является основной задачей настоящего количественного описания.

### Оценка сходства выделов фаций

По совокупности 20 признаков вычислена матрица сходства выделов фаций (рис. 22). Высокие величины коэффициентов линейной корреляции говорят о формальном сходстве — прямом (при положительной корреляции) или обратном (при отрицательной). Сходными считались биогеоценозы, если величина коэффициента корреляции между ними больше 0,5. В остальных случаях сопоставляемые биогеоценозы рассматриваются как несходные (рис. 23).

На рис. 24 линиями оконтурены группы пробных площадей, внутри которых коэффициенты корреляции между любыми двумя выделами больше 0,5 и имеют положительный знак. При таком изображении выделяются два множества сходных биогеоценозов — плеяды (Тереньев, 1959). Одну плеяду образуют приводораздельные элементарные выделы, вторую — придолинные. Эти плеяды резко обособлены одна от другой: их соединяет только одна связь, характеризуемая коэффициентом корреляции больше 0,5. По принятому критерию нет сходства между крайними звеньями одной и той же плеяды (например, в приводораздельной плеяде между пробными площадями 8 и 29 коэффициент корреляции составляет 0,04, а в придолинной — между пробными площадями 11 и 28—0,16). Но группы сходных площадей взаимно перекрываются и создают многослойную непрерывную цепь, благодаря чему каждая из плеяд представляется весьма монолитной.

Полученные плеяды и расположение внутри них отдельных биогеоценозов (см. рис. 24) в общих чертах согласуются с системой факторально-динамических рядов фаций, представленной в табл. 7. Так, к приводораздельной плеяде относятся ряды плакорный и основные — субгидроморфный и сублитоморфный; придолинную составляют фации, принадлежащие рядам промежуточного и микротермного циклов. Исключением служат лишь пробные площади 11 и 12, на рис. 18, показанные как участки мнимокоренной сублитоморфной фации (приводораздельная плеяда), а по формальным критериям они гораздо ближе к промежуточному варианту этого ряда, входящему в состав придолинной плеяды. Вероятно, такая неувязка объясняется специфическим переменным состоянием фации на пробных площадях 11 и 12 и их расположением на пограничной полосе.

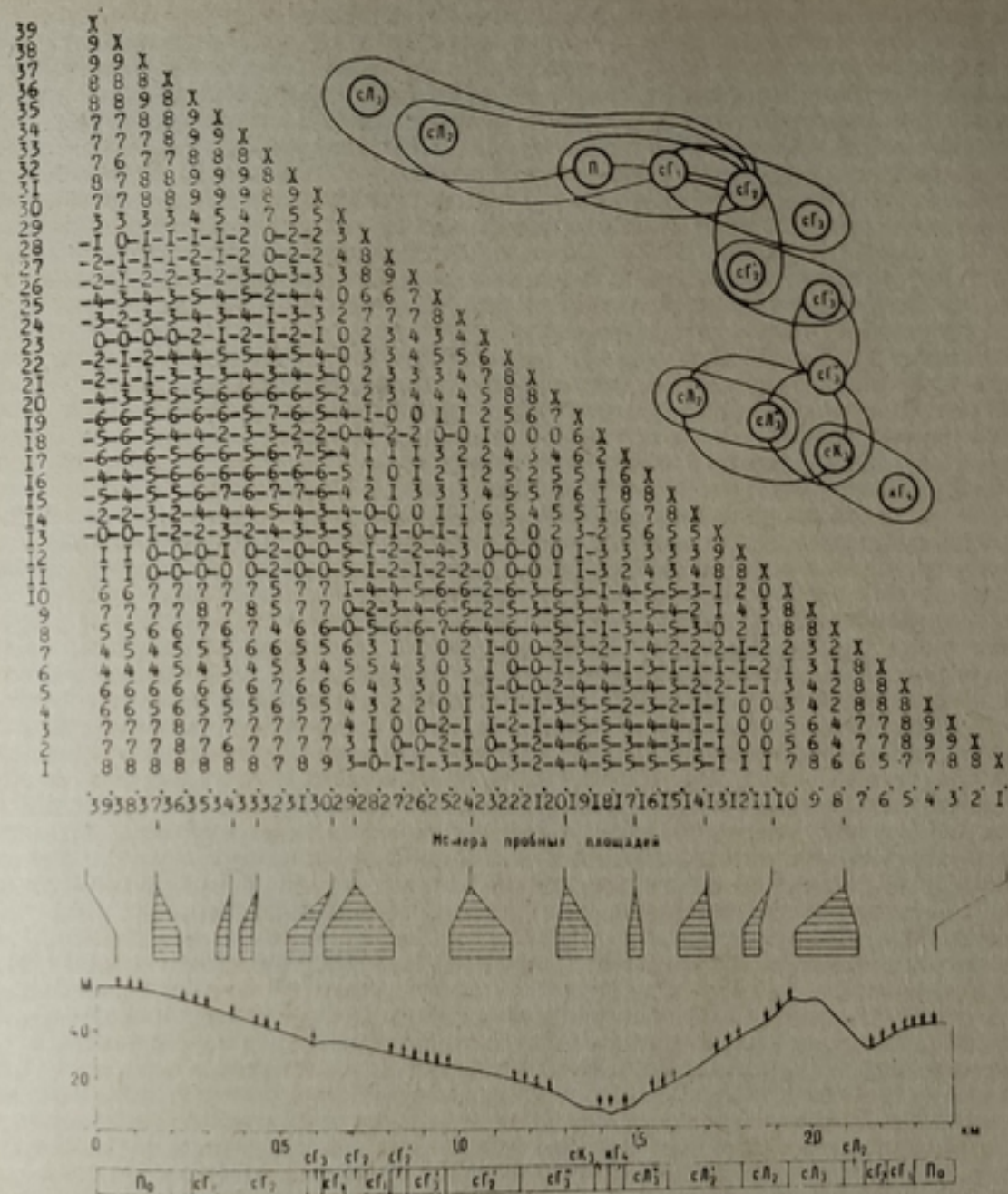


Рис. 22. Матрица сходства пробных площадей.

Значения (положительные и отрицательные) коэффициентов корреляции: 0 — от 0,0 до 0,1; 1 — от 0,1 до 0,2; 2 — от 0,2 до 0,3; 3 — от 0,3 до 0,4; 4 — от 0,4 до 0,5; 5 — от 0,5 до 0,6; 6 — от 0,6 до 0,7; 7 — от 0,7 до 0,8; 8 — от 0,8 до 0,9; 9 — больше 0,9. Фации: П — плакорная; сГ — субгидроморфные; сГ' — то же, промежуточного цикла; сГ'' — то же, микротермного цикла; сЛ — сублитоморфные; сЛ' — то же, промежуточного цикла; сЛ'' — то же, микротермного цикла; сК — субкриоморфная; сК' — сочетание криогидроморфной и криоморфно-аллювиальной серий (индексами обозначены: 0 — коренная фация; 1 — полукоренные; 2 — миниморфные; 3 — полубазальтовые; 4 — базальтовые). Переменные состояния фаций: а — активизация; и — инертность; с — стагнация.

Стрелками на профиле показано расположение пробных площадей. На верхнем графике показано относительное расположение фаций, принимая во внимание коэффициенты корреляции больше 0,5.

В центре приводораздельной плеяды находятся площади, относящиеся к плакорной фации. В одну сторону от них располагаются сублитоморфные, в другую — субгидроморфные фации. Отмечаются различия в положении внутри плеяды



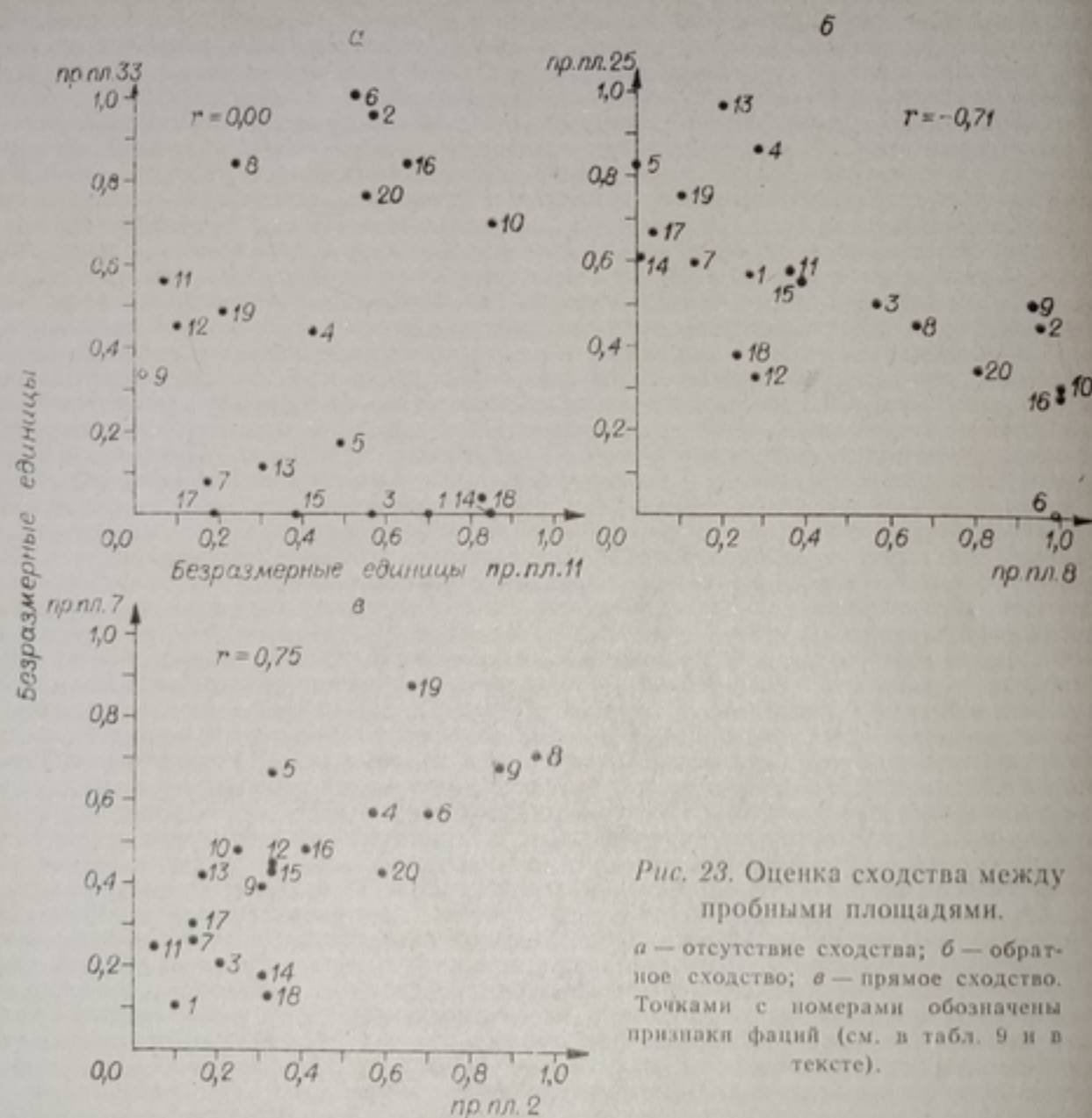


Рис. 23. Оценка сходства между пробными площадями.

а — отсутствие сходства; б — обратное сходство; в — прямое сходство. Точками с номерами обозначены признаки фаций (см. в табл. 9 и в тексте).

и биогеоценозов, которые знаменуют разные переменные состояния фаций. Биогеоценозы со значительным участием мелколиственных деревьев (состояние активизации) в целом как бы сдвинуты в сторону сублитомерного ряда, а с господством спелой пихты (состояние нормализации) — в сторону субгидроморфного, поэтому в некоторых случаях биогеоценозы, относящиеся к одной фации, оказываются менее сходными, чем биогеоценозы, принадлежащие разным фациям, но пребывающим в однотипном состоянии.

Изложенные особенности прослеживаются и в придолинной плеяде. В одном ее конце находятся сублитомерные фации, а в другом — промежуточные субгидроморфные. В центральной части придолинной плеяды смыкаются биогеоценозы, принадлежащие микротермным субгидроморфной, сублитомерной и субкриоморфной фациям. Сравнительно обособлена от плеяды пр. пл. 18, которая представляет собой контакт аллювиально-криоморфной и криогидроморфной серий.

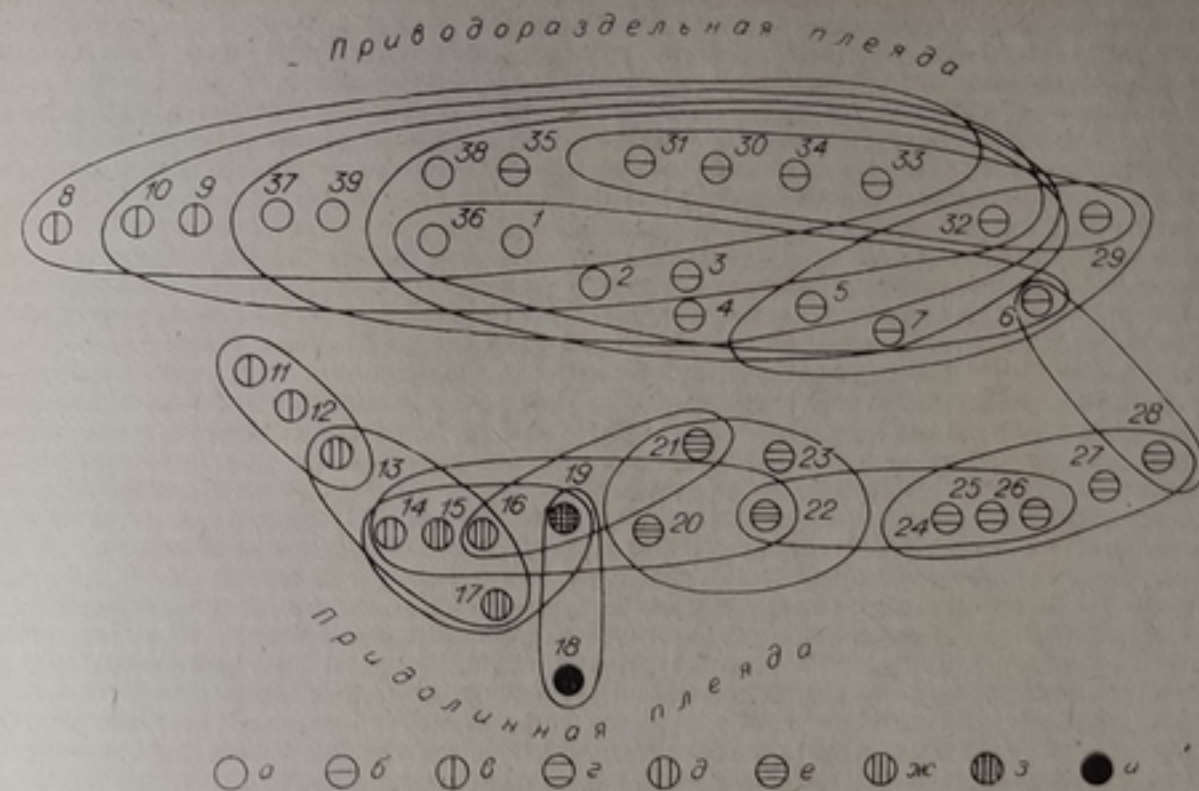


Рис. 24. Плеяды выделов фаций.

Фации: а — плакорная; б — субгидроморфные; в — сублитомерные; г — промежуточные субгидроморфные; д — промежуточные сублитомерные; е — микротермные субгидроморфные; ж — микротермные сублитомерные; з — субкриоморфная; и — аллювиально-криоморфная и криогидроморфная серии. Номерами обозначены пробные площади (см. рис. 18). Линиями на рисунке оговорены группы, внутри которых между любыми двумя пробными площадями коэффициент корреляции больше 0,5.

Изучаемые участки можно упорядочить также по общности биогеоценозов, с которыми они находятся в отношениях обратного сходства (коэффициенты корреляции отрицательные, и их величины больше 0,5) (рис. 25). В этом случае также четко выделяются две плеяды. Как видно по номерам пробных площадей, написанным на линиях, огибающих группы биогеоценозов, обратное сходство существует только между биогеоценозами разных плеяд. Но структура плеяд, выделенных вторым способом, отличается от структуры плеяд, полученных путем упорядочения биогеоценозов по признаку их прямого сходства. Отметим также, что величины отрицательных коэффициентов корреляции (они, как правило, не превышают 0,7) на порядок меньше, чем положительных (достигающих 0,95 и больше).

Таким образом, на местности существует известная полярность фаций, все же при этом нет полной симметрии. Фации каждой плеяды обладают своим специфическим качеством и, очевидно, в некоторых случаях их сравнение невозможно на основе одних и тех же признаков.



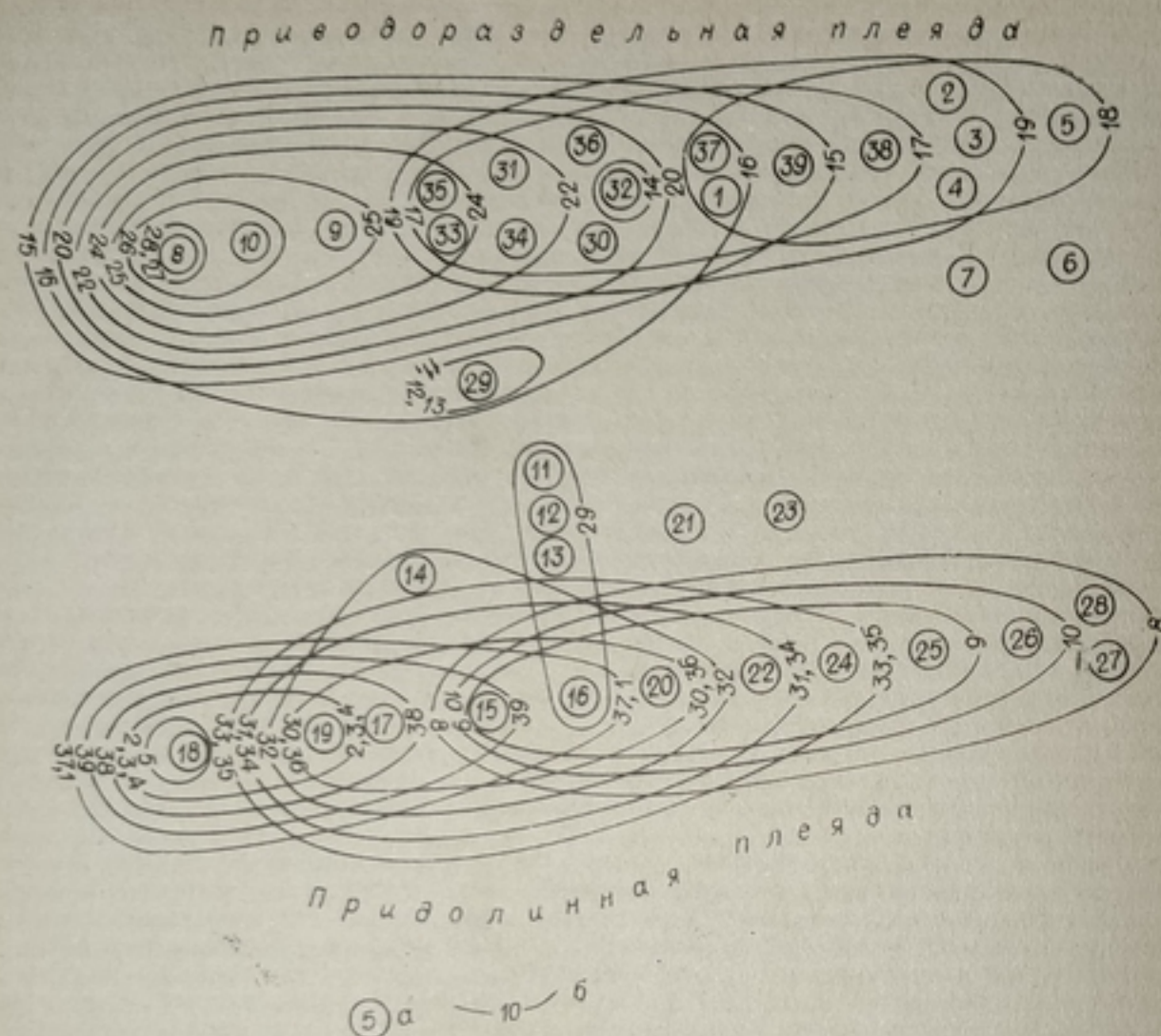


Рис. 25. Обратное сходство выделов фаций.

*a* — номера пробных площадей; *b* — биогеоценозы, с которыми оконтуренные линией пробные площади имеют отрицательную корреляцию с величиной коэффициента больше 0,5. Остальные усл. обозн. см. рис. 24.

### Сравнение признаков фаций

Последующий шаг — составление корреляционных матриц признаков для опытного полигона в целом и отдельно для каждой плеяды. Коэффициенты корреляции дают возможность судить о характере и степени сходства между тенденциями изменения на местности сопоставляемых признаков фаций. Высокие положительные коэффициенты корреляции можно считать проявлением прямого сходства в локальном варьировании сопоставляемых признаков, а высокие отрицательные — отражением взаимно противоположного изменения по полигону-трансеку, т. е. обратного сходства. В результате такого анализа получен граф (рис. 26) самых тесных линейных связей.

Центральное ядро графа образует «треугольник»: температура воздуха в ночные часы (2) — относительная влаж-

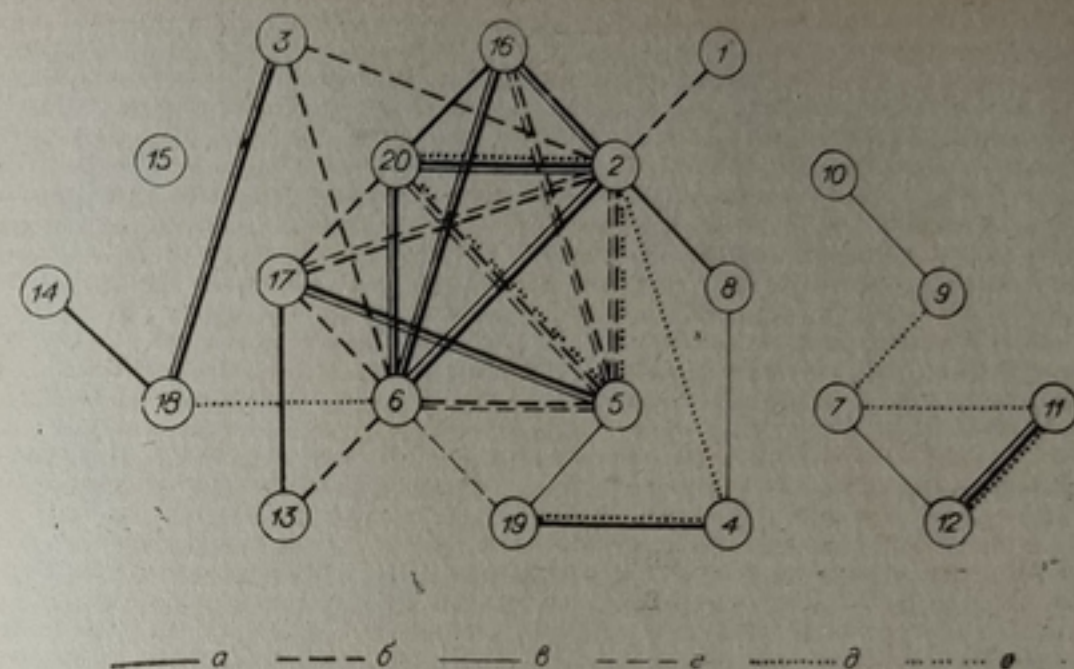


Рис. 26. Сходство признаков фаций по характеру их варьирования на полигоне-трансекте.

Линиям на графе соответствуют коэффициенты корреляции больше 0,7.

Знак коэффициента корреляции: *a, в, д* — положительный; *б, г, e* — отрицательный. Выборки: *a, б* — полигон-трансект в целом; *в, г* — приводораздельная плеяда; *д, e* — придолинная плеяда. Обозначенные номерами (1—20) — признаки фаций см. в табл. 9 и в тексте.

ность воздуха в ночные часы (5) — высота пробной площади над днищем долины (20). Эти три корреляции, остающиеся тесными во всех трех выборках, отражают довольно простой физический процесс — местное передвижение приземного воздуха при ночном охлаждении.

К «центральному треугольнику» примыкают такие признаки, как температура почвы (6) и фенологическое состояние растений (16, 17). Их варьирование во многом аналогично (в прямом или обратном смысле) варьированию названных выше признаков, однако лишь в рамках общей выборки и отчасти приводораздельной плеяды. В придолинных же биогеоценозах линейные связи между этими признаками в общем слабы.

Во внешней части графа располагаются радиация под пологом леса (1), дневная температура (3) и влажность воздуха (4), густота леса (18) и большинство других биотических признаков. Они обнаруживают наименьшее число тесных линейных корреляций с признаками «центрального треугольника» и между собой. Причиной такой «автономности» является многофакторность процессов, обуславливающих локальное варьирование этих признаков, а также сложное опосредствование их взаимосвязи с другими признаками биогеоценозов. Даже в тех случаях, когда коэффициенты ли-



нейной корреляции высоки, удовлетворительная функциональная интерпретация сходства локального изменения таких признаков крайне затруднительна. Все же возможно, что в некоторых случаях формально обнаруженная тесная связь имеет под собой более непосредственную основу. Назовем, в частности, связи между обилием пихты (19) и относительной влажностью воздуха в дневные часы (4), густотой леса (18), с одной стороны, и дневной температурой воздуха (13), температурой почвы (6), фитомассой мха (14) — с другой.

Обособленно от трех рассмотренных частей графа расположены показатели влажности (7), кислотности (9, 10) и гумусированности (11, 12) почвы. Несмотря на несомненную взаимную связь этих признаков в функциональном смысле, статистическая аналогия в их варьировании в общем невелика, причем она прослеживается лишь в сравнительно однородных выборках, какими являются одна или другая плеяда, взятая в отдельности.

Таким образом, по сходству варьирования на местности выделяются по крайней мере две группы признаков: у одних количественные значения достаточно четко различаются по плеядам, у других — нет. Отчетливо видно также, что каждая плеяда имеет свою специфическую структуру корреляции между признаками фаций, как, впрочем, и то, что на уровне местности (весь опытный полигон) статистические связи имеют иной характер, чем в отдельных ее частях (пространствах, занятых, фациями лишь одной плеяды).

Здесь не будем останавливаться на средних арифметических значениях и дисперсиях учтенных в опыте показателей и приведенных в табл. 9, 10. Скажем только, что они собственно и раскрывают статистическое содержание рассмотренных выше корреляций. В обобщенном виде совокупность этих параметров отражается в следующей статистической характеристике, к которой сейчас переходим, — в главных компонентах.

#### Главные компоненты локального пространства

Метод главных компонент (Ватанабе, 1969; Крамбейн и др., 1973; Девис, 1977) находит широкое применение во многих отраслях. Но в практику ландшафтных исследований он еще не вошел, и в этом отношении наш опыт является одним из первых.

Использованный нами вариант метода основан на вычислении ковариационной матрицы и нахождении ее собственных чисел и собственных векторов. Собственные векторы можно считать характеристиками статистических соотношений между признаками фаций в данной выборке. Они и являются главными компонентами. Собственные числа указывают, какую долю

общей дисперсии описывает соотношение между признаками, выраженное собственными векторами.

В табл. 11 представлены полученные в результате вычислений главные компоненты для полигона-трансекта в целом. Это пять комбинаций признаков, каждую из которых можно считать

Таблица 11  
Главные компоненты варьирования признаков фаций

Признак	I (76,5 %)	II (14,5 %)	III (4,5 %)	IV (3,1 %)	V (1,4 %)
Суммарная радиация под пологом леса, ккал/см <sup>2</sup> ·мин	0,16	0,23	—0,17	—0,01	—0,18
Суточные минимумы температуры воздуха, °С . . . . .	0,33	—0,33	—0,03	—0,18	0,09
Суточные максимумы температуры воздуха, °С . . . . .	0,19	0,26	—0,24	—0,02	—0,05
Суточные минимумы относительной влажности воздуха, % . . . . .	0,25	—0,09	0,38	—0,07	0,41
Суточные максимумы относительной влажности воздуха, % . . . . .	0,26	0,40	0,05	0,02	—0,17
Температура почвы на глубине 20 см, °С . . . . .	0,29	—0,34	—0,22	—0,06	—0,15
Влажность почвы в слое 0—20 см, мм . . . . .	0,10	—0,12	0,01	0,28	0,13
pH подстилки	0,31	—0,22	0,08	0,08	—0,26
pH почвы в слое 0—20 см	0,17	0,04	—0,11	0,41	0,25
pH почвы в слое 30—40 см	0,20	0,08	—0,42	0,18	0,41
Гумусированность почвы в слое 0—20 см, % . . . . .	0,19	—0,23	0,18	0,41	0,03
Гумусированность почвы в слое 30—40 см, % . . . . .	0,18	0,02	0,23	0,37	0,05
Отмершая напочвенная органика, ц/га . . . . .	0,16	0,21	0,16	—0,08	—0,01
Зеленая биомасса мха, ц/га	0,16	0,29	—0,13	—0,34	0,26
Зеленая биомасса травянистых и кустарничковых растений, ц/га . . . . .	0,18	0,16	—0,04	0,20	—0,17
Фенологическое состояние генеративных органов травянистых растений	0,27	—0,24	—0,22	0,07	—0,27
Фенологическое состояние вегетативных частей травянистых растений . . . . .	0,18	0,32	0,21	—0,07	—0,43
Густота леса, число деревьев, тыс/га . . . . .	0,17	0,20	—0,28	—0,27	0,16
Обилие пихты, м <sup>2</sup> /га . . . . .	0,27	0,02	0,47	—0,27	0,18
Относительная высота, м	0,28	—0,25	—0,08	—0,21	—0,05

Примечание. Подчеркнуты крайние значения коэффициентов в каждой главной компоненте.



характеристикой некоторой системы отношений между свойствами фаций в данной выборке.

Первая главная компонента, охватывающая около 76% общего разнообразия, выступает как осредненная характеристика фаций в данной пространственной композиции. Найденные для каждого признака коэффициенты (см. рис. 11) в целом пропорциональны относительным средним значениям признаков в изучаемой выборке. Кроме того, в этих показателях в обобщенной форме отражаются особенности варьирования каждого признака на исследуемом трансекте.

На долю остальных четырех главных компонент остается небольшая доля общей дисперсии, со статистической точки зрения они малодостоверны. Все же заметим, что во второй из них расположение признаков в порядке убывания коэффициентов напоминает особенности строения и динамики фаций субкриоморфного ряда. Третья главная компонента во многом соответствует тому соотношению признаков, которое усиливается по мере «опихтачения» фаций, т. е. с приближением к завершающей стадии сукцессий. Четвертая и пятая в некоторой мере напоминают соответственно возрастание гидроморфности и литоморфности фаций.

Метод главных компонент позволяет описать выборку в среднем. Поэтому, естественно, аппроксимация для каждого фациального выдела и всего их изучаемого множества тем точнее, чем однороднее выборка. Выборка считается однородной, если величина собственно числа близка к единице. В таком случае имеется одна главная компонента, описывающая практически всю дисперсию. Поэтому дополнительные расчеты проведены для каждой плеяды в отдельности.

Приводораздельная плеяда со статистической точки зрения представляется в высокой степени однородной. Основное соотношение здесь исчерпывает 94% общей дисперсии, остальные два — 4 и 2%. Несколько менее определенными оказываются результаты, полученные для придолинной плеяды, где основное соотношение описывает 84% дисперсии, а другие соответственно — 7,6 и 3%.

Главные компоненты, вычисленные отдельно для каждой плеяды, представлены графически (рис. 27). Хорошо заметно, что по основному соотношению признаков фации приводораздельной и придолинной плеяд в известной мере противоположны. Признаки, занимающие по количественным значениям первые места в приводораздельной плеяде, в придолинной чаще всего оказываются последними. И наоборот, минимальным значениям признаков в придолинных фациях, как правило, соответствуют максимумы в приводораздельных.

Так, приводораздельным местоположениям в среднем сопутствуют самые высокие ночные температуры воздуха (6), повышенное прогревание почвы (6), пониженная кислотность

подстилки (8), опережающие темпы созревания плодов (16), в то время как придолинным — сырость воздуха ночью (5), раннее отмирание вегетативных органов растений (17), усиление роли мохового покрова (14), дневная жара (3). Менее отчетливо увеличение в сторону долины количества проникающей под полог леса радиации (1) (заметим, не дающей здесь повышения накопления тепла), густоты леса — вернее, преобладания мелких деревьев (18), массы отмершей органики (13) и травянисто-кустарничкового покрова (15), а в сторону водоразделов — понижение влажности воздуха в ночные часы. Такие признаки, как обилие пихты (19), кислотность (9, 10), гумусированность (11, 12) и влажность (7) почвы, в обеих плеядах варьируют приблизительно одинаково.

В результате проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы.

Прежде всего, получено частичное статистическое подтверждение построенной нами по чисто качественным критериям системы факторально-динамических рядов фаций и представления о наличии у таежных фаций трех биогенных преходящих состояний. При этом показано, что те и другие должны рассматриваться на фоне преобладающего над остальными факторами в тайге дефицита тепла. Собственно так мыслится и выделение факторально-динамических рядов, среди которых различаются основные (проявляющиеся в условиях локального «оттока холода»), микротермные (в «озерах холода») и промежуточные (в переходных областях).

Опытом установлено, что система корреляций изменяется в зависимости от иерархического ранга геохор, охватываемых выборками. Она не тождественна также в местных геосистемах одного ранга, но занимающих резко различные местоположения. С методической точки зрения важно еще и то, что

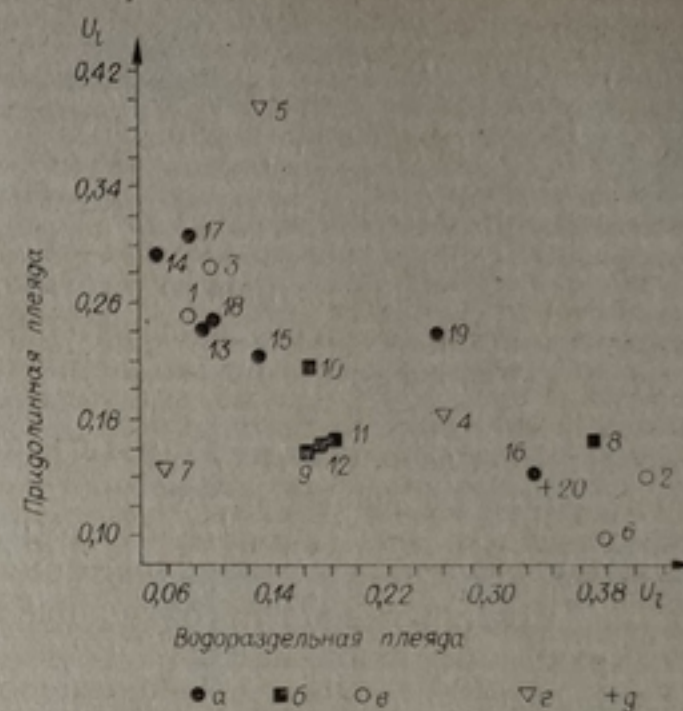


Рис. 27. Сравнение главных компонент по приводораздельной и придолинной плеядам. Точки с номерами (1—20) обозначают признаки фаций (см. в табл. 9 и в тексте).  $U_1$  — коэффициенты признаков в собственных векторах.



статистические связи, обнаруживаемые на основе анализа варьирования признаков в пределах местности, не вполне совпадают с теми корреляциями, которые прослеживаются при изменении признаков в рамках планетарных и региональных трендов. Отсюда вытекает, что по меньшей мере в методическом плане топогеосистемы отличны от геосистем более высокого порядка.

При объяснении полученных результатов надо также учитывать свойства ставшего классическим в ландшафтных исследованиях профильного метода, на основе которого собирались исходные данные и в нашем опыте. Один отрезок «от водораздела до водораздела» не в состоянии отразить все ландшафтное разнообразие местности и все направления существующих в действительности горизонтальных связей в геосистемах. В данном случае уже сама выборка в значительной мере предопределяет преобладание над остальными одного направления локального отклонения фоновой нормы — субкриоморфного ряда. Отсюда столь велик «вклад» обусловленного рельефом перераспределения тепла и непомерно низок остальных факторов.

Для устранения такого недостатка возможны три пути: выбор более однородных профилей, например, соответствующих только одному факторально-динамическому ряду (см. рис. 8); организация опыта не на профиле, а на площади, имеющей также «ширину», значительное увеличение протяженности профиля. В конкретных опытах, по-видимому, должны испытываться все три пути совершенствования метода комплексной ординации.

Однако самое главное — это органически сочетать статистические эксперименты с углубленным неформализованным изучением природных механизмов на участках многолетних наблюдений и со специальными съемочно-картографическими опытами на достаточно обширных ключевых участках. Лишь при выполнении этих условий можно располагать начальной информацией, необходимой для планирования и осуществления опытов и получения новых содержательных результатов.

#### БИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТАЕЖНЫХ ГЕОСИСТЕМ

В ландшафтоведении всегда одной из центральных проблем считалось изучение взаимодействия живой и мертвой природы. Но при этом часто допускалась односторонняя трактовка взаимодействия. Многие ландшафтоведы явно склонны к абиотическому «детерминизму». К столь же односторонней ориентации может привести и чрезмерная приверженность тезису, сформулированному А. В. Дроздовым (1975,

с. 76): «Вообще, как это неоднократно отмечалось многими исследователями, «фокусом» связей в ландшафте является процесс синтеза зелеными растениями органического вещества».

Работа над изучением биологической продуктивности сейчас, пожалуй, одинаково важна и для биологов (в том числе экологов), и ландшафтоведов. Важна, однако, именно оптимизация совместной работы представителей обеих наук. В этой связи далее рассмотрены некоторые примеры, касающиеся темы биолого-экологической, но в то же время раскрывающей отдельные ландшафтные аспекты динамики окружающей человека среды. Речь пойдет о топических закономерностях изменения количества надземной массы растительного покрова в тайге.

Исходные данные о запасе биомассы растительных сообществ и приросте деревьев получены совместно с Г. П. Топорковой и Т. И. Стрижак, которые под руководством автора провели их первичную обработку. Большую помощь в полевой работе оказали студенты-лесоводы из Латвийской сельскохозяйственной академии А. А. Деркусов и В. Я. Целитан, географы Т. А. Идеон, С. Э. Рийге из Тартуского, Е. Г. Суворов — из Московского и М. К. Арая — из Латвийского университетов, а также другие, проходившие практику на Приангарском стационаре. Результаты опубликованы в книге «Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги» (1975). Приведем некоторую часть материалов, имеющих непосредственное отношение к рассматриваемому здесь вопросу (табл. 12—14).

Пробные площади, на которых велось полевое определение показателей растительной массы по модельным деревьям, перечислены в табл. 15. Приведем небольшую выборку результатов для рассмотрения некоторых взаимозависимостей между биотой и условиями ландшафта (табл. 16). В эту выборку

Таблица 12

Количество модельных деревьев по отдельным породам, экз.

Пробная площадь	Пихта	Ель	Кедр	Лист- венни- ца	Сосна	Осина	Береза	Всего
2	5	—	—	—	—	2	—	7
7	5	3	—	—	—	—	—	8
8	6	4	4	3	1	—	—	18
13	7	—	—	—	—	—	—	7
19	5	6	5	—	—	—	—	16
25	6	5	4	—	—	—	—	15
33	6	—	—	—	—	—	2	8
39	6	—	—	1	—	1	—	8
Итого. . .	46	18	13	4	1	3	2	87



Таблица 13

## Общий запас фитомассы, ц/га

Пробная площадь	Древостой	Под-рост	Подлесок	Травяно-кустарничковый покров	Моховой покров	Всего живой биомассы	Отмершая органика
<i>В сыром состоянии</i>							
2	3831,1	23,7	0,77	—	—	3862,1	2559,8
7	3538,2	8,4	0,62	—	—	3558,4	1109,7
8	4114,8	21,0	0,77	—	—	4145,2	2136,2
13	2081,0	17,8	1,12	—	—	2115,4	2241,2
19	3612,6	15,5	0,02	—	—	3628,1	1791,9
25	4256,1	3,0	1,42	—	—	4273,9	7430,5
33	5239,1	1,3	0,01	—	—	5242,3	1734,8
39	3769,5	12,9	0,03	—	—	3784,7	1794,1

*В сухом состоянии*

2	2101,67	12,87	0,390	3,20	3,30	2121,42	—
7	1839,20	4,27	0,290	3,60	7,60	1854,96	—
8	2192,19	10,72	0,420	4,40	4,20	2211,93	—
13	992,34	10,70	0,550	3,20	12,30	1019,09	—
19	2004,17	8,89	0,060	3,90	12,10	2029,07	—
25	1977,17	1,89	0,500	2,70	10,70	1992,30	—
33	2764,95	0,40	0,004	0,10	1,80	2766,30	—
39	2443,11	6,42	0,007	0,50	1,80	2451,90	—

Таблица 14

## Состав фитомассы древостоя, ц/га

Пробная площадь	Хвоя, листья	Ветви			Стволы			Общий запас
		тонкие	тол- стые	всего	древесина	кора	всего	
<i>В сыром состоянии</i>								
2	248,0	115,9	228,1	344,0	2831,9	407,1	3239,0	3831,1
7	173,6	78,8	201,5	280,3	2798,6	285,7	3084,3	3538,2
8	176,3	101,0	309,0	410,0	3225,4	303,1	3528,5	4114,8
13	215,9	141,6	105,2	246,9	1391,6	216,6	1618,2	2081,0
19	228,0	182,4	217,8	400,1	2699,3	285,2	2984,5	3612,6
25	205,7	91,4	243,2	334,6	3349,1	366,7	3715,8	4256,1
33	258,1	112,3	461,0	573,3	3962,2	445,5	4407,7	5239,1
39	172,9	97,3	314,7	412,0	2735,0	449,6	3184,6	3769,5

*В сухом состоянии*

2	106,32	56,50	167,15	223,65	1569,81	202,21	1772,02	2101,99
7	75,29	43,17	99,24	142,41	1482,98	139,50	1622,48	1840,18
8	74,07	58,04	177,90	235,94	1735,67	146,51	1882,18	2192,20
13	105,40	73,95	42,87	116,84	672,31	97,79	770,10	992,34
19	63,29	97,46	114,70	212,16	1626,68	102,67	1729,35	2004,80
25	90,65	49,18	120,44	169,62	1548,88	168,02	1716,90	1977,17
33	107,67	59,41	262,52	321,93	2077,32	258,03	2335,35	2764,95
39	76,50	48,63	171,08	219,71	1926,13	220,77	2146,90	2443,11

Таблица 15

## Распределение пробных площадей по фациям

Пробная площадь	Факторально-динамический ряд	Фация	Переменное состояние
2	Плакорный	Коренная	Нормализация
7	Субгидроморфный	Мнимокоренная	»
8	Сублитоморфный	Полусерийная	»
13	Промежуточный сублито-морфный	Мнимокоренная	Стагнация
19	Субкриоморфный	Полусерийная	»
25	Промежуточный субгидроморфный	»	»
33	Субгидроморфный	Мнимокоренная	Активизация
39	Плакорный	Коренная	»

Таблица 16

## Локальные различия состояний биоты и экологических режимов

Показатель	Пробные площади						
	2	7	8	13	19	25	33
Количество деревьев с диаметром на высоте груди больше 2 см, тыс/га . . . . .	3,07	2,21	2,63	5,89	3,53	3,31	1,76
В том числе пихты, % . . . . .	89,8	90,0	55,2	85,8	75,2	89,9	60,2
из них старше 80 лет . . . . .	16,3	28,2	9,3	1,1	1,6	1,7	15,2
моложе 80 лет . . . . .	73,5	61,8	45,9	84,7	73,6	89,2	45,0
Суммарная радиация под кронами в полдень при безоблачном небе, кал/см <sup>2</sup> ·мин . . . . .	0,11	0,11	0,17	0,27	0,31	0,28	0,07
Запас живой фитомассы (без корней), т/га . . . . .	212,1	185,5	221,9	101,9	202,9	199,3	276,6
Запас отмершей органики (без валежника), т/га . . . . .	23,3	19,2	29,1	28,3	22,4	31,7	21,2
Среднее содержание гумуса в почве (0—20 см), % . . . . .	1,7	2,4	2,8	2,0	2,5	3,6	3,5
pH отмершей органики . . . . .	5,9	5,6	5,6	4,9	5,0	5,3	5,8
pH почвы (0—20 см) . . . . .	4,7	4,8	5,7	4,4	5,1	5,0	4,8
Содержание влаги в почве (0—20 см), мм . . . . .	89	109	90	93	109	163	80
Суточные минимумы температуры воздуха, °C . . . . .	10,8	10,1	11,1	9,3	7,5	9,2	11,1
Температура почвы (на глубине 20 см), °C . . . . .	7,0	6,1	9,0	5,2	2,7	2,2	9,1
Максимальная биомасса беспозвоночных в почве, кг/га . . . . .	252	299	382	127	109	163	554

Примечание. Данные осреднены за три сезонные фазы — предлетнюю, летнюю, послелетнюю.



помимо наших данных вошли полевые определения Б. Н. Вержущего (1975), а также исследователей, упомянутых в предыдущем разделе.

В представленных материалах привлекает внимание прежде всего широкая амплитуда изменения по полигону-трансекту количества биомассы. При этом совершенно очевидно, что главная причина такого колебания — различия в возрасте древостоя (в мелколесьях в 1,5—2 раза меньше органического вещества живых организмов, чем в крупнолесьях) и лесобразующих пород. Локальные контрасты абиотических условий местообитания при этом прослеживаются менее отчетливо.

Выборка слишком мала и неоднородна, чтобы вычислять статистические параметры. Поэтому здесь ограничимся главным образом качественным сравнительным анализом, принимая во внимание сделанные в предыдущих разделах работы заключения относительно процессов, скрытых за этими количественными показателями.

Подавляющую часть биомассы составляет органическое вещество деревьев (см. табл. 13). О нем и пойдет речь в дальнейшем изложении. Отсюда, конечно, не следует, что роль остальных биотических компонентов в жизнедеятельности сообщества пренебрежительно мала.

#### Лесобразующие породы, возраст древостоя и запас фитомассы

Начнем с вопроса, как влияет видовой состав на запас биомассы древостоя. Весьма характерна такая особенность. По численности стволов явно преобладает пихта — ее повсюду больше 60%. Но в запасе биомассы она, наоборот, почти нигде не дает больше 60% (табл. 17). Противоположно соотношение этих величин у лиственницы, которая также встречается почти во всех сообществах. Но будучи представленной в древостое немногими экземплярами (чаще всего меньше 2%), в общее количество биомассы она может внести до 60%. Подобным образом обстоят дела с сосной, которая встречается преимущественно в сублиноморфных фациях. Ель и кедр по соотношению обоих показателей сходны с пихтой, хотя разрыв этих величин заметно меньше. В чисто темнохвойных лесах и по численности и по биомассе невелико участие осины и березы, но в лиственно-хвойных эти породы, так же как лиственница, составляют значительную долю органического вещества при малом количестве особей.

Указанная особенность объясняется прежде всего различиями в возрастном составе ценопопуляций разных видов.

Ориентировочное представление о возрастном составе древостоев по господствующей породе — пихте — дает табл. 18.

Таблица 17

Доля в древостоях отдельных пород, %

Пробная площадь	Пихта	Ель	Кедр	Лиственница	Сосна	Осина	Береза
2	89,8 51,1	3,6 6,0	2,2 4,1	1,4 14,4	—	2,5 24,2	0,4 0,2
7	90,0 60,3	5,0 8,4	2,5 0,2	1,5 28,6	—	—	1,0 2,5
8	55,2 16,0	19,4 7,5	11,0 10,4	8,9 36,1	2,5 25,4	2,5 4,2	0,4 0,4
13	85,8 51,7	10,2 14,0	2,1 6,8	0,6 10,0	0,2 11,1	0,6 1,8	0,6 4,6
19	75,2 17,4	13,8 32,0	8,5 23,3	1,6 20,6	—	—	0,9 1,7
25	89,9 47,2	4,4 2,3	3,0 1,4	1,7 48,2	—	—	1,0 0,9
33	60,2 35,1	3,8 2,2	—	—	—	—	36,1 62,7
39	80,0 32,6	1,6 0,6	2,0 0,6	1,6 20,4	—	9,2 42,6	5,6 3,2
							73,7
							Сл.

Примечание. Числитель — доля в общей численности стволов, знаменатель — доля в сумме площадей сечений на высоте груди, сбоку — доля в запасе надземной фитомассы, сл. — следы.



Таблица 18

Распределение пихты по классам возраста, %

Пробная площадь	Количество стволов, экз/га	Сумма площадей поперечных сечений	Возраст, лет					
			20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	больше 120
2	2756	19,011	4	46	31	11	8	Ед.
7	1989	24,078	22	43	3	20	10	2
8	1456	6,511	25	58	—	5	2	10
13	5056	12,733	17	77	5	—	1	Ед.
19	2656	6,922	19	60	19	—	—	2
25	2978	21,422	2	19	78	—	Ед.	1
33	1056	14,967	—	10	65	25	—	—
39	2222	13,800	3	22	23	52	—	—

Она составлена расчетным путем: использовались для этой цели непосредственные определения возраста (30—40 деревьев для каждой площади) и данные о количестве стволов по ступеням толщины. Учитывались (как и при определении биомассы) деревья с диаметром на высоте груди более 2 см.

По пробным площадям заметно меняется возраст самых старых пихт. Наибольшая его величина — в субкриоморфной фации (200—210 лет и больше). В сублитоморфных фациях пихта достигает возраста 190—200 лет. Значительно моложе она в плакорной и субгидроморфных фациях, где самые старые особи не больше 150—170 лет. По-видимому, в этой же последовательности фации различаются и по среднему долголетию пихты.

Ель, кедр, как и пихта, представлены деревьями всех классов возраста, но у них по сравнению с пихтой увеличена доля относительно старых особей, что частично объясняется долголетием ели и кедра. Так, на пр. пл. 19 около 50% елей имеют возраст больше 120 лет, а приблизительно 20% — 100—120 лет. Однако в большинстве случаев доля старых елей намного меньше. В популяциях кедра, сравнительно обильных на площадях 19, 13, 8, деревья в возрасте свыше 100 лет составляют соответственно 70, 45 и 30%.

Максимальный возраст у ели и кедра несколько больше, чем у пихты. Так, наиболее старые ели насчитывают 220—230 лет, а кедры — 250 лет и больше.

Средний возраст лиственницы по исследуемым площадям колеблется от 154 (пр. пл. 2) до 225 (пр. пл. 13) лет. Возраст самых старых лиственниц приближается к 300 годам. Средний возраст сосны 180 (пр. пл. 13) — 209 (пр. пл. 8) лет.

В отличие от лиственницы и сосны, имеющих лишь еди-

ничные экземпляры молодого поколения, лиственные породы представлены во всех классах возраста. Однако молодое поколение осины и березы малочисленно даже там, где эти породы выступают как эдификаторы. Так, на пр. пл. 33 приблизительно у половины берез возраст больше 100 лет, а у остальных — 80—100 лет; на пр. пл. 39 около 30% осин старше 100 лет, 40% имеют возраст 80—100 лет и лишь 20—25% — 40—60 лет.

Как видим, на полигоне-трансекте идет «опихтачение» древостоя, т. е. вытеснение пихтой светлохвойных и лиственных видов. Однако на разных участках этот процесс находится в неодинаковых стадиях. В плакорной фации соэдификаторами пока еще остаются осина и береза, в субгидроморфных господство пихты наиболее выражено. При сублитоморфном режиме заметно усиливаются позиции долгоживущих пород — сосны, лиственницы, а также ели и кедра, но мощное развитие получила и пихта в виде мелкоствольного яруса из средневозрастных и приспевающих особей. В микротермных и осложненных криоморфностью местоположениях значительно возрастает роль ели, кедра и лиственницы.

Приведенные выше различия в продолжительности жизни деревьев разных пород и ее дифференцированности в зависимости от экологических условий могут быть одной из важнейших причин неравномерного хода восстановительной сукцессии. Прослеживается также другая причина — избирательность лесообразующих пород по отношению к среде обитания. Пихта явно предпочитает субгидроморфные, а также плакорную фацию. В менее благоприятных термических и эдафических условиях более приспособленными оказываются ель, кедр, лиственница, сосна.

При таком объяснении все же надо считаться и с тем, что «избирательностью» обладают и лесные пожары (Мелехов, 1965; Современные исследования ..., 1976), после которых начинаются восстановительные сукцессии.

По нашим наблюдениям, они меньше затрагивают долинные местоположения и интенсивнее протекают в приводораздельных сублитоморфных фациях, а также на плакорах.

В целом надо сделать такое заключение. С ухудшением экологических условий (все же лишь в известных пределах) количество растительной массы не обязательно уменьшается. В неоптимальных экотопах ее бывает не меньше, чем в относительно благоприятных, потому что в данной местности с ухудшением экологических условий в биогеоценозах увеличивается обилие менее конкурентоспособных, но весьма продуктивных видов деревьев, которые в ходе сукцессий почти полностью вытесняются из благоприятных местообитаний фоновым «климаксным» видом (пихтой). Отсюда видим, что в естественных условиях при достаточном разнообразии



видов локальные контрасты экологических условий ландшафта отражаются в строении сообществ, но далеко не всегда сказываются на различиях в общем количестве биомассы.

### Топическая дифференцированность возрастного цикла пихтового древостоя

Далее приведем некоторые данные, по которым можно судить о динамике накопления биомассы в разных фациях. Рассмотрим главную в данном случае лесообразующую породу — пихту.

Анализ начнем с анализа графика, показывающего связь между высотой и возрастом пихты на изучаемых пробных площадях (рис. 28). На этом графике в общих чертах прослеживаются как внутриценотическая изменчивость размеров отдельных особей и их увеличение с возрастом, так и особенности хода роста пихты в зависимости от различий между фациями.

Наибольшее варьирование высоты деревьев наблюдается в возрасте 40—90 лет. Эта фаза самого быстрого роста и вместе с тем интенсивного самоизреживания, т. е. отмирания или относительного сокращения темпов роста особей, оказывающихся «лишними» в сообществе из-за резко увеличивающейся у взрослых деревьев потребности в жизненном пространстве и экологических ресурсах. Так, у деревьев этой градации одновозрастные деревья по высоте различаются до 5—10 м и более. В других градациях (деревья моложе 40 лет, а также старше 90—100 лет) рост в целом идет медленнее, а внутриценотические отношения менее напряжены. Соответственно уменьшается дифференциация высоты из-за различий в возрасте, а также несколько сокращается разрыв по высоте среди одновозрастных деревьев.

Для анализа зависимости кривых роста от постоянных свойств фаций деревья разных категорий имеют неодинаковую ценность. Наибольший интерес в этом отношении представляют экземпляры, которые прошли основные фазы возрастного развития и при этом росли в оптимальных или близких к ним внутриценотических микроусловиях. У молодых деревьев и особенно у всех отстающих в росте экземпляров величины биометрических показателей гораздо больше зависят от внутриценотических условий, изменяющихся в течение жизненного цикла одного поколения древостоя, чем от постоянных свойств фации.

На всех восьми пробных площадях проведен анализ хода роста пихты по 5—7 модельным деревьям. Отдельно анализировались осредненные по всем классам выборки величины и данные по тем классам, где средние значения диаметра и высоты наибольшие, т. е. по относительно опти-

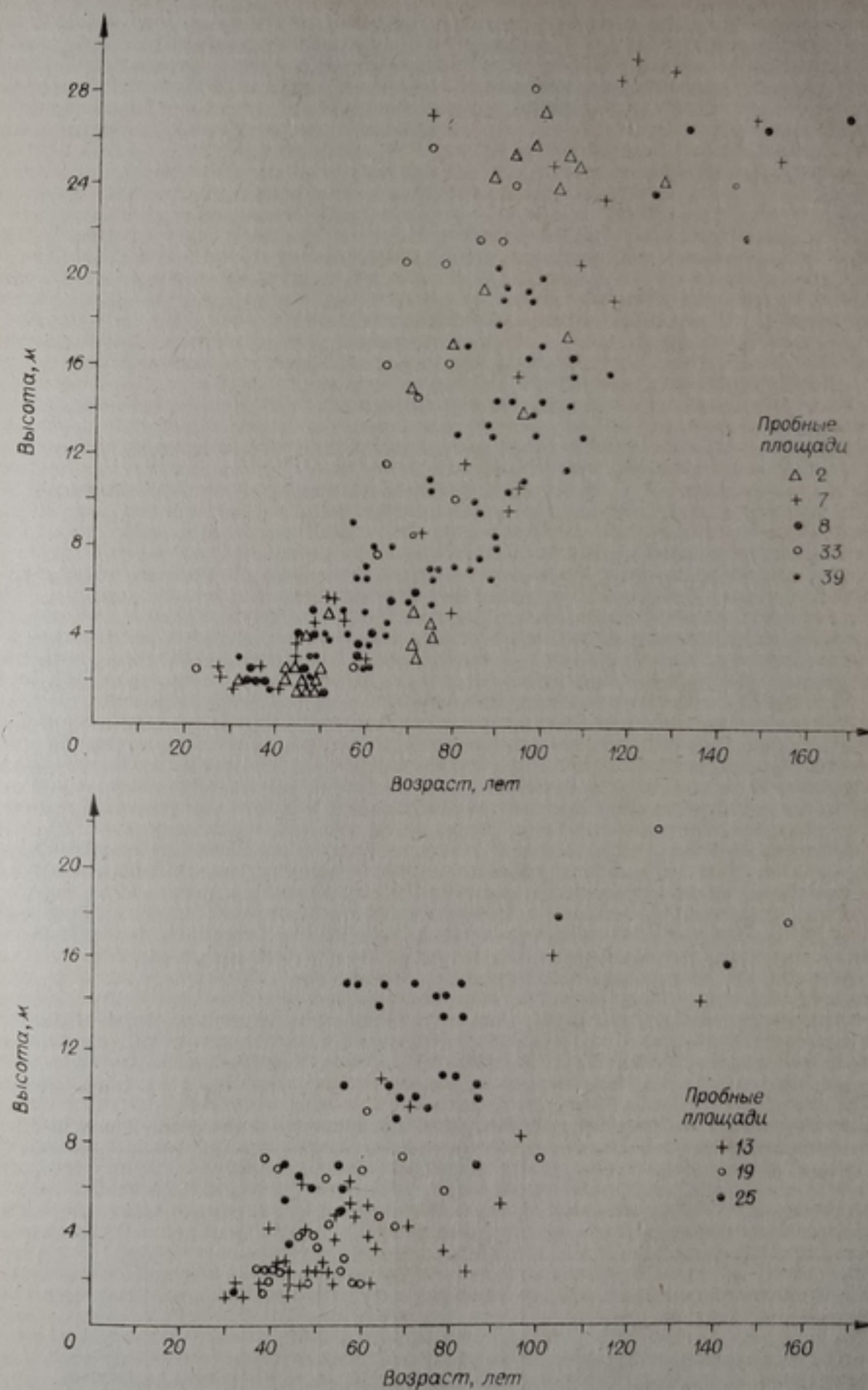


Рис. 28. Связь высоты с возрастом пихты.



мально развитым деревьям (по одной модели на каждую площадь). Общие тенденции оказались близкими в обоих случаях. Но абсолютные величины, естественно, выше у относительно оптимально развитых особей.

Намечаются две основные группы кривых: со сравнительно высоким темпом роста в высоту (пробные площади 33, 2, 7, 39) и весьма медленным (пробные площади 8, 13, 19, 25). Так, по максимальным величинам при возрасте 80 лет разница в высоте пихты между пробными площадями 33 и 13 достигает 18 м. По осредненным же данным эта разница значительно меньше — около 10 м. В среднем при достижении спелого возраста (80 лет) пихта в первой группе пробных площадей имеет высоту 10—15 м, а во второй — 5—8 м. У оптимально развитых экземпляров эти величины соответственно 17—24 и 6—11 м.

Самые высокие темпы роста пихты отмечены на площадях, приуроченных к плакорам и фациям субгидроморфного ряда. Сравнительно низкими величинами этого показателя отличаются площади, размещенные в фациях сублитоморфного, а также разных микротермных и промежуточных рядов.

Для уточнения результатов проведено дополнительное исследование. Вне полигона-трансекта выбраны сравнимые (в смысле состояния растительных сообществ) участки коренной плакорной, мнимокоренной субгидроморфной, полусерийных субгидроморфной, сублитоморфной фаций, где эдификаторную роль выполняет крупнолесный ярус. В качестве объектов обследования на каждом участке взято по 5 пихт из числа самых крупных экземпляров, не обнаруживающих явных следов угнетения другими деревьями. Таким образом, имелось в виду выявление относительных различий фаций по производительности пихты, выступающих в наиболее «чистом» виде. В результате удалось получить интересные данные, позволяющие выяснить ряд особенностей.

Приведем данные о самых крупных особях в каждой из дополнительных выборок (табл. 19) и осредненные величины (рис. 20). В обоих случаях видна определенная зависимость

Таблица 19  
Биометрические показатели максимальных по размерам пихт в крупнолесах

Фация	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола (в коре), м³	Максимальный годичный прирост	
					дм³/год на 1 дерево	возраст, лет
Коренная плакорная	129	38,8	31,0	1,48	20,3	90—100
Мнимокоренная субгидроморфная	153	32,6	26,0	0,97	11,6	130—140
Полусерийная субгидроморфная	120	29,4	34,7	0,86	16,5	80—90
Полусерийная сублитоморфная	194	28,8	27,1	0,73	7,8	160—170
Полусерийная субкриоморфная	200	20,8	20,8	0,32	4,2	170—180

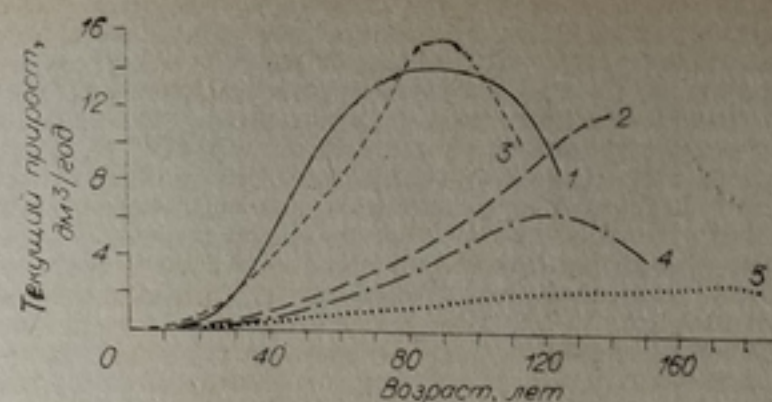


Рис. 29. Текущий прирост по осредненным (из 5 модельных деревьев из числа оптимально развитых) величинам.

Фации: 1 — плакорная коренная; 2 — субгидроморфная мнимокоренная; 3 — субгидроморфная; 4 — сублитоморфная; 5 — субкриоморфная полусерийная.

между темпами нарастания ежегодной продукции и возрастом наступления максимальной продуктивности.

В полусерийной субгидроморфной и коренной плакорной фациях уже с 20-30 лет начинается интенсивный рост количества ежегодно продуцируемой древесины; в возрасте 80—100 лет годичный прирост достигает наивысшего уровня (15—16 дм³/год на дерево), после чего обычно уже в 110—130 лет намечается резкий спад продуктивности, свидетельствующий об ослаблении основных биологических функций пихты. Такой сравнительно короткий жизненный цикл и интенсивное развитие связаны с оптимальными экологическими условиями, которые для пихты обеспечивают свойства рассматриваемых плакорной и субгидроморфной фаций.

Явно неблагоприятны для пихты экологические свойства полусерийных сублитоморфной и субкриоморфной фаций. Для них характерно заторможенное развитие — медленное нарастание с возрастом темпов увеличения годичного прироста, который максимального уровня достигает только к 130—180 годам. При этом продление периода возрастания продуктивности не компенсирует малую интенсивность развития; максимальный уровень текущего прироста остается весьма низким (3—7 дм³/год на дерево).

В субгидроморфной мнимокоренной фации, несмотря на низкие темпы увеличения продуктивности в начальных фазах возрастного цикла, максимальный годичный прирост достигает высокого уровня (12 дм³/год на дерево), хотя и наступает он довольно в позднем возрасте (после 130—140 лет). Вероятно, в данном случае относительное отставание роста обусловлено не столько постоянными свойствами фации, сколько временно действующими факторами, прежде всего в период прохождения данным участком стадии мелколесья. К такому предположению приводит сравнение рассматриваемого участка с другими выделами субгидроморфной мнимокоренной фации.



коренной фации. В березняке (пр. пл. 33) и во втором варианте пихтового крупнолесья (пр. пл. 7) пихта имеет высокие темпы развития, и эти участки вполне могут быть отнесены к числу фаций с относительно ускоренным циклом развития этой породы. Так, на пр. пл. 33 максимум годовичного прироста ( $15,8 \text{ дм}^3$ ) у оптимально развитых пихт наступил уже после достижения 70-летнего возраста, а на пр. пл. 7 эти цифры соответственно  $11,8 \text{ дм}^3$  и 90—100 лет.

Таким образом, мы приходим к следующему выводу: исследуемые фации существенно различаются между собой по возрастной динамике основной лесообразующей породы — пихты. В этом плане выявляются два основных типа фаций. Первый тип — с ускоренным возрастным развитием пихты и сравнительно высоким уровнем ее годовичного прироста при достижении периода максимальной продуктивности. Эти фации имеют оптимальные для пихты постоянные экологические свойства. Кроме того, здесь сокращена продолжительность жизни одного поколения. К числу таких фаций относятся субгидроморфные и коренная плакорная. Второй тип — с заторможенным возрастным развитием пихты и низким уровнем ее продуктивности. Продолжительность жизни каждого поколения пихты здесь больше, чем в первом типе, но низкий годовой прирост этим компенсируется лишь частично: итоговый запас древесины остается невысоким. Такими неоптимальными для пихты фациями оказываются субкриоморфные, сублитоморфные и, по-видимому, частично также субгидроморфные промежуточного и микротермного циклов.

С точки зрения топографического анализа территории большой интерес представляет то, что в разных фациях неодинакова длительность возрастного цикла пихтовых древостоев. Отсюда следует, что даже в условиях климаксовой растительности различные фации имеют неодинаковый ритм чередования биогенных состояний. В пространственном выражении такое смещение временных фаз выступает как узор контрастирующих выделов разных переменных состояний, как это прослеживается, в частности, на полигоне-трансекте. Поэтому разница в длительности возрастных (и, очевидно, восстановительных) циклов наравне с формами местного рельефа, литологическими особенностями, системами стока может рассматриваться как один из важнейших факторов, определяющих градиенты тепла, влажности, биотической энергии и других показателей на таежной местности.

#### Соотношение между накоплением и отмиранием растительной массы

По абсолютной величине вполне сопоставима с общим запасом живой биомассы масса отмершей органики (см.

табл. 13). В этом отношении особенно выделяются мелколесья. Так, на пр. пл. 25 неживое органическое вещество, лежащее на поверхности почвы, в некоторых случаях по сырому весу даже превышает количество живой фитомассы. В начальных стадиях распада в особенности в осветленных и сомкнутых крупнолесьях разрыв между запасом живой и неживой органики гораздо больше как в абсолютном, так и в относительном выражении. Например, на пр. пл. 33 отмершая органика составляет менее  $1/3$  от живой фитомассы. Общую картину нарушают данные по пр. пл. 2, что возможно связано с несовершенством выборки.

Неживой напочвенный покров имеет мощность до 10—20 см, а нередко и больше. Его основную часть составляет валежник, т. е. в разной степени разложившиеся опавшие стволы, а мелкие фракции (хвоя, листья, опавшие ветки, шишки, отмершие части мха и травянистых растений) — это лишь 20—40% от запаса мертвой наземной фитомассы.

Ввиду чрезвычайной неоднородности рассматриваемого слоя, пронизанности его живыми корнями, неравномерности распространения по площади, а также резких различий во влажности и степени разложения элементов каждой фракции очень трудно дать точную количественную оценку массы напочвенной органики. На такую точность не могут претендовать и данные, приведенные в табл. 13: они сугубо ориентировочны, как и сделанное выше сравнение изученных пробных площадей.

В темнохвойных таежных лесах отмершая фитомасса играет очень большую роль в термическом и водном режимах почвогрунтов, как об этом можно судить по уже приведенным данным (см. рис. 8, 9). Здесь подчеркнем еще одну сторону функциональной роли слоя неживой напочвенной органики.

В некотором смысле этот слой замещает почву. Так, в осветленных крупнолесьях непосредственным субстратом для моховых и травянистых растений является не столько минеральная почва, сколько отмершая органика разной степени разложения и выщелоченности. Валежник часто оказывается предпочтительным субстратом и для возобновления темнохвойных пород; их молодые особи образуют густые «живые изгороди», разросшиеся по частично перегнившим стволам.

Тенденция к частичному замещению почвы отмершей органикой усугубляется в разрушающихся крупнолесьях и особенно в мелколесьях. Например, на пр. пл. 25 в напочвенном слое грубого перегноя обычно размещается не только корневая масса видов травянистого яруса, но и подавляющая часть корней кустарниковых растений и мелких деревьев. Корневые системы разрастаются преимущественно в валежнике и лишь единично встречаются в холодной, сырой, плохо аэри-



руемой минеральной части (подзолистом горизонте), подстилающей слой напочвенной органики.

В листовых крупнолесьях приводораздельных пространств слой отмершей органики, как правило, не становится «заменителем» почвы. Для него характерна маломощная (1—4 см) подстилка, постепенно сливающаяся с собственно гумусовым горизонтом почвы. Основная часть корней размещена в минеральной почве.

Накопление слабо разложившейся отмершей органики, как известно, — признак малой интенсивности внутрибиогеоценотического метаболизма. Это одно из важнейших проявлений временной стагнации таежных фаций, отдаленно напоминающей настоящую стагнацию, свойственную моховым болотам. К такому периодическому проявлению стагнации приводят прежде всего фитоценотические процессы, которыми объясняется существование на полигоне-трансекте распадающихся крупнолесьев и пихтовых мелколесьев. Вместе с тем не следует упускать из виду также другие факторы, прежде всего совокупность относительно устойчивых, постоянных свойств фаций. Представляется, что в целом стагнация более сильна и глубока в фациях промежуточного и микротермного циклов, которым свойствен явный дефицит тепла.

Приведенные данные показывают, что наряду со стагнацией имеет место и противоположное состояние — активизация, которое выступает прежде всего как интенсификация метаболизма по сравнению с нормальным или средним его уровнем. Примечательно, в частности, резкое возрастание обилия почвенных гетеротрофов. Так в березняке мнимокоренной субгидроморфной фации по учетам Б. Н. Вержуцкого (1975) биомасса беспозвоночных может достигать 554 кг/га. В пихтовом крупнолесье той же фации отмечено только 299 кг/га. Для сравнения укажем, что в мелколесьях зарегистрировано только 127 и 163 кг/га (см. табл. 16).

Состояние активизации связано главным образом с сукцессионными стадиями. Наиболее ярко оно проявляется в двух случаях: при поредении крупнолесьев, приводящем в определенных ситуациях к появлению мощного травяного покрова или кустарниковых зарослей и при временной замене темнохвойного леса листовыми, особенно березовыми. В обоих случаях, на первый взгляд существенно различающихся, общим является то, что происходит значительное увеличение ежегодного обновления фитомассы, изменяются химический состав и другие свойства органики, поступающей в почву, не накапливается отмершая фитомасса. Такое состояние отчетливо выражено в березняке мнимокоренной субгидроморфной фации, но, очевидно, возможно и в других местах.

Активизация в разных фациях проявляется неодинаково. По нашим наблюдениям, наибольшей интенсивности она до-

стигает в выделах гидроморфных серийных и в субгидроморфных полусерийных фациях. В коренной сравнительно устойчивым является состояние нормализации — среднее между активизацией и стагнацией. Однако затронутый здесь вопрос еще требует дальнейшего исследования. Мы его коснулись лишь в связи с объяснением некоторых различий, имеющих место в фракционном составе надземной фитомассы на разных пробных площадях.

### Общий анализ биогенной динамики таежных фаций

В схематическом виде общие представления и конкретные данные, полученные в последние годы исследованиями Приангарского таежного стационара Института географии Сибири и Дальнего Востока (Природные режимы..., 1975), суммированы на рис. 30. Проводимая схема касается запаса биомассы и интегрального воздействия растительного покрова на природные режимы во время сукцессионного процесса и в зрелом биогеоценозе.

Установлено путем анализа местного разнообразия растительных группировок, что сукцессии сопутствуют увеличение общего запаса биомассы живых организмов, с одной стороны, и сокращение «не-

контролируемой» биотой мобильности геосистемы — с другой. Запас биомассы достигает максимума несколько раньше наступления заключительной — климаксовой стадии. Во время последней общий уровень упомянутого показателя несколько снижается, причем он не остается постоянным, а претерпевает циклические (вероятно, затухающие) колебания с периодом в несколько десятков лет. Вслед за этим изменяется количество проникающей под полог

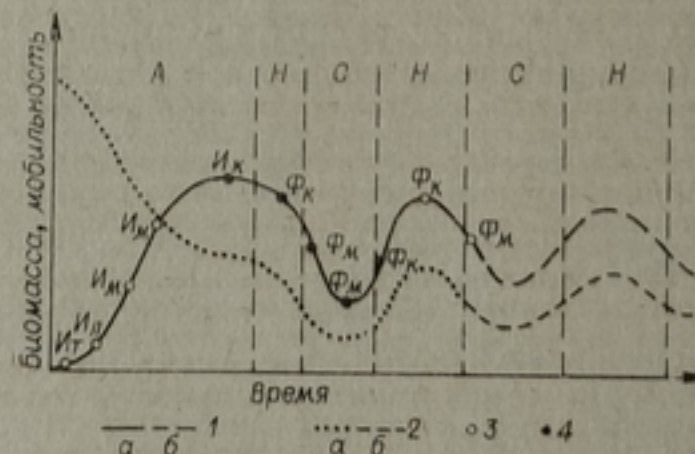


Рис. 30. Биогенные переменные состояния таежных фаций.

Относительные величины: 1 — запас биомассы; 2 — мобильность фации; а — по данным наблюдений; б — экстраполированные величины.

Некоторые представленные на местности растительные группировки: 3 — описанные визуально; 4 — имеются количественные определения биомассы и измерения отдельных природных режимов. Буквенными индексами обозначены стадии: И — сукцессионная (Ит — кыпрейно-вейниковые заросли, Ил — молодняки из березы и осины, Им — березняки или осинники с пихтой в нижних пологах; Ик — березняки или осинники с пихтой в верхнем пологе); Ф — климаксовая (Фк — пихтовые крупнолесья, Фм — пихтовые мелколесья).

Переменные состояния фаций: А — активизация, Н — нормализация, С — стагнация.



леса радиации, интенсивность процессов физического тепло- и влагооборота в деятельном слое, активность метаболизма, подверженность минерального субстрата водной эрозии. Однако на климаксной стадии в отличие от сукцессионной эта мобильность увеличивается с возрастанием суммарной массы живых организмов и уменьшается с ее сокращением.

В данном примере показано, насколько опосредствованно в геосистемах сказываются влияния внешних факторов и как продолжительны и разветвлены возбуждаемые такими явлениями «цепные реакции». Изображенный на рис. 30 процесс вызван лесным пожаром, имевшим место 100—150 лет назад. Последствия этого опустошения налицо еще сейчас и будут ощущаться еще в ближайшие десятилетия.

Тем не менее сам процесс непосредственно осуществляется внутренними механизмами. В данном случае это — смена поколений древостоя. В сукцессионной стадии она сопряжена с направленным изменением видового состава, пока не устанавливается наиболее устойчивое для данного местообитания сочетание видов. Позднее в зрелом сообществе видовой состав устойчив в основных чертах, но смена поколений, обновление ценоза, конечно, при этом не прекращаются.

В биотическом сообществе постоянно происходит естественное отмирание и самовоспроизводство живых организмов, насыщение ими жизненного пространства и угнетение «лишних» особей, конкуренция и взаимопомощь экземпляров разного (и одинакового) возраста, а также многие другие пары противоположных процессов. Если все эти процессы сбалансированы в каждый достаточно короткий срок (например, год), сообщество может сохранять стационарное состояние. Однако, как свидетельствуют работы лесоводов (Siren, 1955; Фалалеев, 1964; Агеенко и др., 1972; Розенберг, 1972; Розенберг и др., 1972), в тайге такая сбалансированность во многих случаях обеспечивается только в весьма длительные периоды времени, соизмеримые с продолжительностью жизни одного поколения древостоя, т. е. в многие десятки и даже далеко за сотню лет. Такой случай имеет место и в рассматриваемой здесь темнохвойной тайге. В ней наблюдается по крайней мере два разных чередующихся во времени переходящих состояния: нормализация и относительная стагнация.

Для первого характерен более или менее сомкнутый ярус крупных деревьев спелого возраста, под которым обильны проростки и успешно развивается подрост. В последующем состоянии подрост уже превращается в густые заросли мелких деревьев 40—70-летнего возраста, угнетающих друг друга и почти не оставляющих места для возобновления. Крупные деревья, которые в предыдущем состоянии имели спелый возраст, теперь в результате естественного старения отмирают один за другим, падают на землю и образуют на поверхности

почвы большое количество неживого постепенно разлагающегося органического вещества. Последнее в значительной мере изолирует почву и минеральный субстрат от процессов метаболизма, сильно ослабляет тепло- и влагообмен в деятельном слое. Такая стагнация прекращается по мере разложения мертвой органики, самоизреживания мелкокося, создания выдержавшими конкуренцию особями яруса крупных деревьев с высоким общим запасом биомассы, но в то же время оставляющего достаточно места и экологических ресурсов для новой «вспышки» возобновления (см. рис. 19).

По приблизительным оценкам, каждое такое преходящее состояние длится порядка 40—50 лет. Однако эта величина сугубо ориентировочная, как, впрочем, и степень различия между обоими преходящими состояниями. При прогнозировании не следует упускать из виду, что это лишь одна тенденция, обусловленная «несовершенством» (еще усугубившимся после пожара) саморегуляции таежного древостоя, в результате чего возобновление идет «вспышками», разделенными некоторыми временными интервалами. Тем не менее совсем оно никогда не прекращается, поэтому есть основания допустить существование в естественных условиях и противоположной тенденции — к «оптимизации» возрастного состава, т. е. к совмещению в один и тот же момент времени всех поколений в некоторых оптимальных пропорциях, и, таким образом, к затуханию вышеописанного колебательного процесса.

Весьма существенно и то, что возрастные циклы, о которых только что велась речь, растягиваются на длительные периоды, за которые, конечно же, могут быть колебания погодных условий, численности и активности разных групп животных, сильно влияющих на древостой, и т. д. Все это сильно осложняет описанный процесс. Наконец, не менее важно, что показанная на рис. 30 структура — в смысле разнообразия сообществ, составляющих сукцессионную и климаксную фазы, продолжительности временных интервалов, амплитуды и общего характера изменения отдельных показателей — сильно меняется в зависимости от специфических условий каждой геосистемы.

Изложенное, во многом пока гипотетическое, заключение сделано на основе сравнения одновременно существующих разных возрастных стадий пихтового леса. Это — один частный пример применения временного критерия для анализа пространственных композиций геосистем. Такой подход, в значительной мере специфический именно для географов, содержит в себе определенные возможности получить информацию, весьма полезную при разработке комплексных и отраслевых прогнозов окружающей среды.

Тем не менее далеко не все пространственное разнообразие окружающей человека среды можно рассматривать как отражение совокупности временных состояний однотипных геоси-



стем. Точно так же отнюдь не все колебания, характеризующие динамику геосистем, могут быть «прочитаны» непосредственно в ландшафтной мозаике, видной в данный момент. Для понимания геосистемы, в особенности для прогнозирования, нужно сочетание непосредственных наблюдений над поведением геосистем во времени, специального изучения механизмов смены состояний, исследования пространственных композиций. Все эти данные, как уже упоминалось, могут быть представлены в системных моделях факторально-динамических рядов, которые, таким образом, по мере их совершенствования будут приобретать все большую способность «опережающего отражения» динамики геосистем.

\*  
\*   \*  
\*

Итак, для осуществления задач, перечисленных в начале этой главы, одним из важнейших условий является организация изучаемой на стационаре натурной модели в виде системы вложенных один в другой ключевых участков и подчинение всей работы общей цели — познанию ландшафта как пространственно-временной структуры, как функционально и генетически упорядоченного целого и как единства разных уровней географической иерархии.

Другое условие — разработка конкретной методики исследования, отвечающей этой цели. Такая методика должна включать три основных элемента: полевое ландшафтное картографирование, собственно стационарные наблюдения, выполняемые на математико-статистической основе специальные количественные учеты локального разнообразия свойств геосистем. Все три способа, направленные на выявление ландшафтно-географических связей, на стационаре фактически сливаются в единый метод, который, используя уже предложенный термин, можно назвать методом комплексной ординации.

Ландшафтное картографирование по мере перехода от изучения верхних уровней натурной модели к нижним в нашем опыте сблизились с поотраслевыми стационарными наблюдениями — через повторные полевые съемки состояния геосистем (в частности, фиксация пространственной дифференцированности времени наступления отдельных сезонных фаз). В свою очередь, естественной частью изучения хода природных процессов стал анализ данных о многоликости одной и той же геосистемы (например, разнообразия сукцессионных и возрастных стадий), прослеживающейся при охвате значительной территории и труднодоступной непосредственному наблюдению на одном месте.

Статистические эксперименты предназначались преимущественно для дополнения и количественной характеристики

выводов, сделанных в ходе картографирования ключевых участков и стационарных наблюдений, а также для поиска путей к синтезу результатов, полученных первыми двумя способами. Необходимые для этого количественные учеты проведены на специально выбранных и оборудованных полигонах, позволяющих проверить сложившиеся гипотезы относительно пространственно-временной структуры некоторых местных геохор, а также отдельных свойств факторально-динамических рядов в достаточно типичных конкретных условиях.

Использованный нами метод дал новые фактические результаты, недоступные как методами прежнего макроскопического ландшафтоведения, так и с помощью специализированных микроподходов.

В приангарской тайге на основе временного анализа сезонно меняющихся природных явлений исследована сезонная ритмика фаций как основной элемент временной организации таежных геосистем. Выделено 8 фаз, показано, что каждая из них отличается своим специфическим соотношением совершающихся в геосистемах процессов.

При изучении запаса биомассы установлены некоторые закономерности, определяющие колебания состояния таежных фаций под воздействием биотического начала. Эти колебания осуществляются прежде всего под влиянием взаимоотношений между тремя группами высших растений — хвойными деревьями, покрытосемянными (главным образом травянистыми растениями, лиственными деревьями и кустарниками) и мхами, меняющихся в ходе сукцессий. Кроме того, большую роль играет возрастная динамика ценопопуляций видов древесных, в особенности пихты, которая в большинстве фаций приангарской тайги становится эдификатором после завершения восстановительных сукцессий. Указанные проявления биотической активности вносят во временную структуру таежных геосистем три стадии — активизации, нормализации, стагнации, чередованию которых сопутствуют не только существенное изменение количества и качества биомассы, но также интегрального природного режима фаций и их строения.

Выявленные особенности сезонной ритмики и биогенной цикличности использованы при объяснении разнообразия природных условий в локальном пространстве. В частности, показано, что наиболее дифференцированно в местных геохорах время наступления весенней, поздневесенней и летней фаз. В этот период прослеживаются наибольшие локальные контрасты интегрального природного режима фаций. В различных фациях неодинаковы скорость и характер биогенной смены состояний активизации, нормализации и стагнации, что также является очень важным фактором, усиливающим и постоянно перестраивающим локальные географические поля.

Исследованиями на стационаре выявлено, что среди абно-



тических факторов первостепенную роль в пространственно-функциональном расчленении локальных геохор имеют дифференциация масс приземного воздуха при отрицательном радиационном балансе, процесс превращения плоскостного стока в линейный, сопутствующие стоку проявления денудации, контролируемые геологическими условиями местности. Результаты сопряженного анализа частных географических структур, обусловленных этими процессами, а также активностью биоты, отражены в подразделении фаций по категориям динамичности (на коренную, полукоренные, мнимокоренные, полусерийные и серийные), при упорядочении их в систему факторально-динамических рядов, на ландшафтных картах и планах, показывающих конкретно-пространственные отношения между изучавшимися геомерами и геохорами.

Из намеченных и частично изученных на стационаре моделей сезонной ритмики геосистем, их биогенной динамики, факторально-динамических рядов вытекают новые постановки вопросов для специального исследования обнаруженных закономерностей в биогеоценологическом, геохимическом, физическом и других аспектах с применением балансового метода, математического анализа и пр. Прделанная работа создает некоторые дополнительные предпосылки для включения в опытные участки антропогенных модификаций, возникающих в ходе освоения тайги, а также для постановки экспериментов с искусственным изменением хода отдельных процессов. Опробованный на стационаре подход и полученные результаты в известной мере приближают практику ландшафтных исследований к решению задач по географическому прогнозированию, контролю за состоянием природной среды, ее охране и улучшению.

## Глава IV

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ТАЙГИ

Наиболее последовательно разработанный и преобладающий до сих пор вид комплексных физико-географических исследований — ландшафтные карты и схемы районирования, составляемые на интересующие территории. В отличие от них экспериментально-стационарные работы сосредоточиваются на небольших участках как эталонах этих территорий. Отсюда сравнение разных географических ситуаций с такими эталонами — первейшее условие для практического использования результатов экспериментального ландшафтоведения. В нашем опыте целью такого сравнения должно быть выяснение прежде всего следующих вопросов:

1) в какой мере изученная натурная модель отражает тайгу как планетарную геосистему; 2) что из приведенных фактических данных, гипотез и выводов имеет наиболее непосредственное значение для данного таежного региона.

Традиционное ландшафтное картографирование и районирование показывают дифференцированность окружающей человека среды на природные географические комплексы разных масштабов и их локализацию. Но они дают немного сведений о внутреннем содержании рассматриваемых единиц. Восполнить этот пробел призваны экспериментально-стационарные работы, осуществляемые на геотопологической основе.

Чем сильнее антропогенные нагрузки на ландшафт, тем необходимее знание динамического содержания геосистем и, стало быть, тем больше потребность в точных экспериментальных данных о природных режимах и ландшафтных взаимосвязях. Отсюда вытекает и следующий вопрос, который необходимо обсудить в настоящей главе, — в каких направлениях экспериментальное ландшафтоведение с наибольшим успехом может дополнить традиционные работы и таким образом содействовать решению стоящих перед современной географией проблем.

Результаты, приводившиеся в предшествующих главах, получены на ключевых участках, где природа близка к естественному состоянию. Однако в процессе работы постоянно



учитывалась логическая связь экспериментального ландшафтоведения с решением насущных проблем, касающихся формирования культурного ландшафта, сохранения природной среды, комплексного географического прогнозирования. Об этих проблемах напоминал и надвигающийся на наши опытные участки фронт хозяйственного освоения тайги.

Поскольку в результате хозяйственного использования геосистемы чаще всего меняются в сторону упрощения структуры, полученные данные могут быть полезными и для понимания процессов, неосознанно спровоцированных человеком в подобных типах геосистем на освоенных территориях. Эти данные важны также для выработки стратегии на будущее.

#### ТАЙГА В ПЛАНЕТАРНОЙ ГЕОСИСТЕМЕ

Тайга — северный тип географической среды. Это постепенно переходящая в субарктические ландшафты периферия умеренного пояса. Некоторые исследователи, специально занимающиеся таежными проблемами, даже склонны относить северную и среднюю подзоны тайги к Субарктике (Rousseau, 1961; Сочава, 1969а; Сочава и др., 1972).

Тайга, однако, не только северный, но и континентальный тип ландшафта. Как известно, ее нет в южном, океаническом, полушарии, но в северном полушарии, как правило, она не подходит к побережьям с сильно выраженным океаническим режимом. Вместе с тем свои наиболее типичные черты тайга утрачивает также в «эпицентрах» континентальности. Например, в ультраконтинентальной Центральной Якутии проявляется своеобразное «таежное перигляциальное остепнение» (Сочава, Тимофеев, 1968) ландшафтов.

Для увязки обнаруженных нами в Приангарье особенностей с общетаежными закономерностями кратко рассмотрим основные планетарно-географические структуры таежной зоны и определим положение по отношению к ним таежного Приангарья. Излагаемая ниже схема составлена на основе анализа тематических карт, помещенных в «Физико-географическом атласе мира» (1964), и обобщений, сделанных другими исследователями (Толмачев, 1954; Jäger, 1968, 1969; Ahti e. a., 1968; Сочава, 1969; Карпов, 1969; Hämet-Ahti e. a., 1974; Протопопов, 1975).

Соотношение континентальности и океаничности природных условий в границах тайги изменяется в широких пределах. В южной полосе по мере возрастания интенсивности океанических влияний усиливается сходство с геосистемами гумидных широколиственных лесов, причем область осложненных таким образом таежных ландшафтов расширяется и

проникает все дальше к северу. По направлению к «эпицентру» континентальности, каковым в Евразии является Центральная Якутия, прослеживается некоторое остепнение тайги.

На севере с возрастанием континентальности хорошо заметно усиленное проникновение в таежные ландшафты тундровых элементов и усугубляются перигляциальные черты ландшафта, обусловленные вечной мерзлотой. Обратная же тенденция — осложнение тайги чертами нетундровых — травяно-кустарниковых и криволесных комплексов океанических побережий высоких широт — прослеживается лишь на очень ограниченных пространствах на западных и восточных перифериях материков.

Рассмотренный в предыдущей главе таежный ландшафт Приангарья расположен в южной подзоне тайги. Находясь за пределами ареала распространения специфических признаков широколиственно-лесных ландшафтов, он существенно не осложнен также степными элементами (за исключением единичных узколокализованных местоположений). В структурно-динамическом смысле этот ландшафт далек и от перигляциально-тундровых, хотя островки вечной мерзлоты здесь все же встречаются.

Таким образом, приангарская тайга близка к центру «типичности» равнинной части таежной зоны, хотя и несколько смещена в сторону остепненной и перегляциальной (мерзлотной) тайги.

Вообще таежные ландшафты имеются на всех трех основных гипсометрических позициях суши — на плоских низменностях, равнинах с возвышенностями и в горах. Это также вносит значительное разнообразие в природные условия, объединяемые под названием «таежный тип географической среды».

В настоящей работе рассматривается средняя из выше-названных разновидностей тайги. Горная тайга от нее отличается литоморфностью как общим фоновым признаком, усиленной ролью мобильной составляющей в геосистемах и более резкими контрастами, причем не только локальными, но и региональными.

Кроме того, горно-таежные ландшафты, с одной стороны, выделяются среди своего окружения ослабленной континентальностью, увеличенным увлажнением, а на значительных пространствах — специфическим нивальным режимом. Но, с другой стороны, в горах, вернее в межгорных котловинах, особенно резко проявляется континентальность, и явный недостаток влаги в воздухе «сосуществует» с исключительным обилием воды в почвогрунтах и на поверхности. Это, например, характерно для чрезвычайно динамичного аккумулятивного болотно-мерзлотного редколесно-кустарникового редуцированного таежного ландшафта Чарской котловины



(Александрова, Преображенский, 1964; Крауклис, Михеев, 1965; Напрасников, 1970; Михеев, 1974).

Исследованный нами ландшафт относится к типу равнинной тайги. Но этого нельзя сказать о Приангарье в целом, которое включает многие ландшафты горно-таежного облика. Последние в редуцированном виде — на уровне отдельных фаций, как указано в присоединенных к работе ландшафтных картах, представлены на территории стационара. Таким образом, изучавшийся регион с некоторой долей условности может быть квалифицирован как «полугорный».

Низинная тайга — в значительной мере бореальная «земноводная» геосистема, какой прежде всего является Западная Сибирь. Причем на огромных пространствах «земля» здесь представлена отмершей органикой — торфом. Это, таким образом, область господства стагнационно-гидроморфных серий (моховых болот) и примыкающего к нему субстагнозного ряда геосистем (застойного заболачивания). Указанная специфика низинной тайги иногда в литературе передается обозначением «таежно-болотная зона».

Большинство исследователей происхождения тайги связывают со временем интенсивных горообразовательных движений в континентальных секторах Северной Азии, протекавших на заре четвертичного периода (Сочава, 1969а). Приангарье близко к одному из гипотетических центров возникновения тайги — южносибирскому. Однако в данном случае более непосредственное значение имеет другое обстоятельство историко-генетического порядка.

Этот регион, как и многие другие в Сибири, не испытал оледенения. Поэтому тайга с момента своего появления отсюда никогда полностью не вытеснялась, хотя в периоды похолоданий и уступала другим типам ландшафта. Этим приангарская тайга отличается от таежных ландшафтов областей четвертичных покровных и горных оледенений, флювиогляциальной, речной, озерной или морской аккумуляции. По сравнению с такими ландшафтами Приангарье имеет более устоявшиеся таежные черты.

Таким образом, есть основания допускать, что приангарская тайга во многих отношениях близка к положению своеобразной «точки отчета» для сравнения таежных ландшафтов в планетарных масштабах, потому что «чисто» таежные черты здесь мало осложнены ландшафтными элементами смежных единиц планетарного порядка. В этом смысле наблюдаемые здесь закономерности, управляющие ландшафтными взаимодействиями, могут иметь общетаежное значение как некоторый эталон.

Далее обратим внимание на некоторые соотношения между взаимодействующими в таежных геосистемах факторами, определяющие основную специфику природных усло-

вий тайги и представляющие первостепенный интерес в связи с ее хозяйственным освоением. Приводимые ниже заключения сделаны на основе анализа результатов Приангарского стационара с привлечением дополнительных данных из уже упоминавшегося «Физико-географического атласа мира», карт «суточных» и «сезонных» климатов, составленных Троллем и Паффеном (Troll, Paffen, 1964; Paffen, 1966, 1967), а также некоторых других источников.

Самое, пожалуй, характерное свойство интегрального природного режима таежных геосистем — резкая инсоляционная и термическая сезонность. Особенно выделяется последняя. Так, годовая амплитуда температуры воздуха в тайге больше, чем на таких же широтах в любой другой зоне. Эта величина в среднем в несколько раз превышает суточную амплитуду. У радиационного баланса годовая амплитуда близка к суточной, что говорит о наличии в годовом цикле периода, который по световым и вообще радиационным условиям напоминает ночь. Весьма характерно, что в тайге последствие зимнего охлаждения на природные режимы теплового периода более продолжительно, чем влияние летнего сезона на зимние процессы.

Наиболее важные следствия такой временной организации геосистем, обусловленной географическим положением тайги, таковы. В системе межширотного адвективного теплооборота тайга является преимущественно «потребителем» тепла. Здесь относительно заторможен биологический оборот веществ. Эти условия, ограничивая влагооборот через атмосферу и растительность, в то же время придают тайге роль одного из крупнейших резервуаров свободной пресной воды и поставщиков последней в виде стока в планетарную геосистему.

Резко выраженная инсоляционно-термическая сезонность — очень серьезный фактор, осложняющий хозяйственную деятельность и жизненный уклад населения. Учет сезонности здесь должен быть неременным элементом рациональной организации производственного процесса и быта. От правильного согласования с сезонной структурой геосистем мер по формированию территориально-производственных комплексов и управляемых природно-технических систем во многом зависит успех освоения тайги.

Хотя в социально-экономической, экономико- и медико-географической литературе последних лет, посвященной проблематике тайги, фактору сезонности придается все большее значение, на практике еще часто принимаются во внимание главным образом среднегодовые показатели, в явном виде не отражающие временной организации совершающихся в геосистемах природных явлений. Конечно, анализируются индексы тепла, увлажнения и другие показатели отдельно



по теплоте и холодному периодам года (но именно отдельно, не вскрывая диахронной зависимости между процессами, протекающими в разные сезоны года). Сказанное в полной мере относится также к социально-экономической сфере, в которой нередко отсутствует надлежащая диахронная связь между явно прослеживаемыми сезонными фазами функционирования территориально-производственных систем, что является одним из слабых мест в планировании хозяйственной деятельности и в управлении (Малых, Медведкова, 1974).

Тайга как тип ландшафта — сравнительно молодое образование. Но этого нельзя сказать о господствующей здесь жизненной форме — голосемянных деревьях. Тайга — огромный естественный «резерват» хвойных лесов. Голосемянные, уже пережившие век своего расцвета, во многих частях Земли уступают более совершенной в эволюционном смысле филогенетической группе — покрытосемянным, в частности лиственным деревьям.

Объясняя размещение хвойных на земном шаре с физиолого-экологической точки, Гольте (Golte, 1974, 1976) подчеркнула некоторые существенные черты, присущие растениям этой систематической группы и во многом определяющие особенности их взаимодействия с остальными элементами геосистем. Это прежде всего более примитивное по сравнению с покрытосемянными строение сосудистой системы. Проводящие ткани у хвойных имеют очень малый поперечник и поэтому оказывают сравнительно большое сопротивление движению влаги из корней к фотосинтезирующим частям.

Такое строение не уменьшает, а, наоборот, обычно придает большую хозяйственную ценность древесине хвойных. Но в силу указанной причины хвойные, как правило, нуждаются в легкодоступной почвенной влаге в течение вегетационного периода и в условиях, ограничивающих транспирацию. В целом «влаголюбивость» хвойных сочетается с ксероморфностью морфологического строения. Последнее, а также голосемянность жизненной формы, по мнению цитируемого автора, позволяют хвойным переносить продолжительные неблагоприятные периоды, пребывая в пассивном состоянии, что очень важно для выживания в типичных таежных местобитаниях. Существенно еще и наличие диахронной связи между зимой и летом. Столь необходимая в летний период для активной жизнедеятельности наиболее типичных представителей таежных лесов — видов ели, пихты, сибирского кедра — влага в большой степени обеспечивается за счет зимних осадков, сковываемых холодом в виде снега и льда и накапливающихся таким образом для летнего сезона.

Относительная филогенетическая примитивность хвойных заключается еще в том, что они обладают невысокой золь-

ностью организма (Перельман, 1975), что, в частности, видно и по материалам ландшафтно-геохимических исследований, проведенных на Приангарском стационаре В. А. Снытко (1969). Для строения своего тела хвойные обходятся небольшими концентрациями в почвенных растворах элементов минерального питания.

Столь скромным минеральным питанием не могут довольствоваться многие представители покрытосемянных, в особенности из числа главнейших культурных растений. В тайге, где гидротермические условия стимулируют вынос подвижных соединений, такая способность тоже имеет большое преимущество.

Впрочем, таежный лес одновременно является и мощным геохимическим барьером, закрепляющим химические элементы в органическом веществе (Перельман, 1975). В тайге создается большой запас биомассы, который количественно вполне сопоставим с таковым в лесных биогеоценозах других природных зон (Родин, Базилевич, 1965; Базилевич и др., 1970). Однако тайга выделяется, как это видно и по полученным данным в Приангарье, невысоким темпом роста биомассы и особенно медленным оборотом органического вещества. Последнее, накапливаясь в большом количестве, периодически вызывает временное явление, которое может рассматриваться как своеобразная форма биогенной стагнации геосистем.

Хотя в тайге лиственные деревья и травянистые растения в большинстве случаев при естественных условиях находятся в подчиненном положении, им также принадлежит немаловажная роль. Воздействие этих компонентов в целом можно определить как активизацию оборота органического вещества (но в то же время, однако, и усиление деятельности абиотической мобильной составляющей геосистемы). Активизация возрастает во время восстановительных сукцессий, вследствие чего наиболее высокий уровень продуктивности запаса биомассы в тайге может наступать именно на последних стадиях восстановительного процесса, конечно, если в ходе этого процесса чрезмерно не мобилизовались разрушительные абиотические силы.

В строении и функционировании таежных геосистем весьма значительную роль играют мхи. Этот биотический компонент, наиболее примитивный среди высших растений, особенно нуждается в свободной воде и довольствуется чрезвычайно скудным минеральным питанием. Мхи, обходящиеся в процессе своей жизнедеятельности почти без минерального субстрата, — спутник биогенной стагнации, постоянно присутствующей в типично таежных биогеоценозах. При временных состояниях фаций, когда стагнация приобретает уже характер одного из детерминирующих режимов, мхи



особенно заметно усугубляют неэффективность тепло- и влагооборота в геосистеме, ослабляют связь между почвой и растительностью, а стало быть, и метаболизм в целом.

Наиболее мощным фактором моховая жизненная форма становится, однако, в гидро- и криоморфных условиях, а также на обедненных минеральных субстратах. Здесь под влиянием мхов стагнация превращается в свою высшую и завершенную, необратимую форму — заболачивание и моховые болота. Низинная тайга, где геосистемы такого режима господствуют, выступает как самый биогенный тип таежного типа географической среды. Но это низшая форма проявления биотической активности геосистем, осуществляемая организмами, сила которых не столько в способности вовлекать, глубоко перерабатывать и фиксировать минеральные элементы и воду, сколько в давлении на среду своей влагонакапливающей массой, причем главным образом мертвой.

Моховые болота и застойное олиготрофное (на обширных пространствах также криоморфное) заболачивание — непереносимая часть тайги как геосистемы. С точки зрения хозяйственного освоения тайги, это одно из самых сложных препятствий и вместе с тем весьма ценное богатство природы. Однако здесь на этих проблемах не будем останавливаться. Продолжим обсуждение полученных в результате исследования выводов, имея в виду освоение равнинной тайги. Здесь проявления стагнации, хотя они и в самой зачаточной форме прослеживаются вплоть до фаций сугубо сухопутных, в целом редуцированы, а в своих высших и завершенных формах локализованы в виде геосистем местных или низших региональных рангов.

Учитывая сказанное, интенсивное сельскохозяйственное освоение таежных земель должно основываться на усилении присущих геосистемам процессов активизации метаболизма — вплоть до состояния, приближающегося к режимам земель широколиственно-лесной и лесостепной зон. Требуется усиление именно биотической активности в ее высших формах проявления, не допуская при этом значительной мобилизации абиотических сил, вызывающих противоположный эффект.

Меры, стимулирующие активизацию, по-видимому, нужны в ряде случаев и в лесном хозяйстве. «Естественные биогеоценозы и основные стадии их стабилизации далеко не всегда являются идеалом для лесного хозяйства» (Буш, Иевныш, 1976, с. 3), что подтверждается конкретными данными (например, Артемьев, Чертовской, 1976). Во всяком случае не оптимален с точки зрения эффективного использования территории описанный нами в предыдущей главе тип биогенной динамики таежных фаций (см. рис. 30). Представляется, что здесь необходимо сокращение периодов

относительной стагнации или даже их полное устранение. Все же при постановке такого вопроса нужно иметь в виду следующее обстоятельство.

В любом случае при искусственной активизации изменяется естественная упорядоченность совершающихся в геосистемах явлений. Более того, создаются состояния, не свойственные спонтанной временной структуре функционирования геосистемы (пашни, сенокосные и пастбищные угодья, лесные культуры).

Однако, чтобы обеспечить сохранение экологического и других потенциалов активизируемой геосистемы, нужно возместить техническими мероприятиями функции, которые для сохранения природной геосистемы играли искусственно утраченные переменные состояния. Эта задача особенно актуальна при планировании существенного повышения производительной способности геосистем.

Таким образом, при освоении геосистем нужно оценить, насколько оптимальна для удовлетворения тех или иных нужд естественная временная структура. В то же время надо считаться с тем, что использование территории, как правило, ведет к деформации спонтанной организации геосистем, что должно быть компенсировано приложением сил извне.

На основе приведенного на рис. 30 случая можно показать четыре довольно типичные для освоенного таежного ландшафта категории земель, или модификации фаций:

1) сохраняющие естественную временную структуру практически в полном виде, для чего предпринимаются меры для устранения не только антропогенных, но и стихийных разрушений (что, однако, может вести и к нежелательным последствиям (см. Современные исследования..., 1976; Wright, 1974) — заповедники, водоохранные леса, охотничьи угодья и т. п.;

2) временная структура ограничивается преимущественно ее начальной, восстановительной частью — лесопромышленное землепользование;

3) разнообразие переменных состояний не выходит за пределы самых начальных восстановительных стадий — экстенсивное сельское хозяйство;

4) фации постоянно поддерживаются в искусственном состоянии — застройка, интенсивное сельскохозяйственное использование (например, пашни, огороды) и т. д.

Естественно, хозяйственные интересы требуют, чтобы расходы на содержание фаций в желаемом состоянии и на сохранение природного потенциала земель были минимальными, причем эти функции по возможности выполнялись силами природы, т. е. путем искусственно стимулируемой саморегуляции. Достижение желаемой цели зависит прежде всего от локали-



зации в ландшафте земель разных категорий. Оптимальное решение этой задачи может быть достигнуто, если разные виды землепользования размещены, сообразуясь, во-первых, со свойствами каждой фации, обусловленными ее положением в системе факторально-динамических рядов, во-вторых, с функциональной ролью фации в конкретных геохорах.

Кроме того, должно быть определено оптимальное площадное соотношение разных категорий земель. Частично такой вопрос ставится уже давно — в форме определения оптимальной лесистости ландшафта. При этом имеется в виду главным образом обеспечение оптимального водного режима и предотвращение эрозии почв.

В культурных таежных ландшафтах, где в большинстве случаев преобладают земли второй из вышеназванных категорий, особенно важно еще одно требование — обеспечить одновременное существование в пределах ландшафта всех важнейших восстановительных состояний, причем равномерно рассредоточенных по территории. Смысл этого требования — обеспечить стабильный запас лесной продукции в пределах ландшафта, предотвратить массовое размножение вредителей, часто связанных с некоторыми возрастными стадиями леса (Wright, 1976), особенно если эти стадии на местности представлены в виде обширных сплошных массивов.

Такая постановка задач не чужда лесной науке, тем не менее эти задачи выполняются плохо, особенно в таежных районах нового освоения. Нам представляется, что помимо чисто организационных мер здесь нужна работа по составлению геотопологических характеристик — прежде всего ландшафтных карт, дополненных схемами факторально-динамических рядов, построенных по возможности на основе экспериментально-стационарных данных.

Таковы некоторые линии, связывающие экспериментальные ландшафтные исследования с «общетаежными» проблемами. Естественно, это лишь схемы. Для воплощения в конкретные проекты геотопологические данные должны быть регионализированы.

#### ТОПИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ

Будучи близкими к типологическому центру тайги как планетарного образования, в более узких региональных масштабах, приангарские ландшафты имеют выраженно переходный характер. Эта природная провинция примыкает к периферии расположенной к северо-востоку области мерзлотной тайги с высокой степенью континентальности природного режима. С юга и юго-запада по долинам крупных транзит-

ных рек глубоко в приангарскую тайгу, вплоть до ее северных границ, внедряются в разной степени остепненные местности и урочища. Наиболее высокие элементы рельефа и крутые склоны здесь приобретают горно-таежный облик, причем этих геосистем становится все больше по мере повышения общего гипсометрического положения и степени расчлененности рельефа.

Одно из последствий такого переходного положения — большая внутриландшафтная неоднородность территории, отражающаяся в разветвленной системе факторально-динамических рядов. Субкриоморфная составляющая этой системы отдаленно напоминает (на топическом уровне) перигляциально-субарктический тренд макрогеографического видоизменения природных условий тайги. Главнейшие варианты субкриоморфных рядов в зачаточном виде содержат некоторые черты геосистем таежных низкогорий, существующих в условиях относительно засушливого континентального режима юга Средней Сибири.

Субгидроморфный (субфлювиальный) ряд, в его чистом виде, вносит в фациальную структуру приангарских таежных ландшафтов некоторое сходство с подтаежными геосистемами гумидного (неморального) облика — обилием травянистых растений, своеобразными почвами со слабыми признаками лугового процесса и несколько смягченным проявлением континентальности гидротермического режима. Другой вариант этого ряда (при наличии карбонатов) усиливает подтаежно-лестепные черты фаций, характерные для подтаежной подзоны Средней Сибири. Такой же отпечаток накладывается на многие серийные фации низких террас крупных транзитных долин. Здесь, кроме того, распространен псамморфный ряд с сосновыми лесами, которые под антропогенным воздействием приобретают сходство с сосняками на подтаежно-лестепных окраинах приангарской равнинной тайги.

На междуречных пространствах песчанистый субстрат стимулирует заболачивание, особенно в субкриоморфных местоположениях, а также на водораздельных поверхностях, не достигаемых эрозионной сетью, и на участках с двучленными материнскими породами. Все же застойное заболачивание (субстагнозный ряд) для Приангарья, обладающего значительной энергией местного рельефа, не характерно, хотя и проявляется на водораздельных равнинах и у подножий склонов.

Таким образом, система факторально-динамических рядов, прослеживающаяся во внутриландшафтном разнообразии природных условий, в известной степени отражает региональные направления отклонения свойств геосистем от планетарного типологического центра. Такая параллелизация различных уровней позволяет лучше понять суть географиче-



ских связей и оценить значимость локальных контрастов с практической точки зрения.

Все же сходство внутриландшафтных факторально-динамических рядов с макрогеографическими трендами не должно переоцениваться. Оно часто имеет в основном физиономический характер и не очень глубоко в структурно-динамическом смысле. Это вполне понятно, поскольку «анормальные» фации внутри ландшафта по сравнению со своими удаленными аналогами подвержены иным фоновым влияниям. Особенно важно, что эти «анормальные» образования существуют благодаря локальным контрастам и обусловленным ими горизонтальным связям между смежными фациями.

Тем не менее изучение проявлений «правила предварения» (Алехин, 1951), подмеченного также Г. Н. Высоцким (1962), — важный пункт экспериментально-ландшафтных исследований, проводимых на геотопологической основе. Оно представляет большой интерес для экстраполяции и интерполяции экспериментальных данных в региональных масштабах, а также для выявления предпочтительных способов использования разных фаций. Факторально-динамическая модель фациальной структуры ландшафта позволяет поставить всю эту исследовательскую и оценочную работу на широкую комплексно-географическую основу.

Принимая во внимание все сказанное, далее обратимся к рассмотрению возможных путей вовлечения в культурный ландшафт разных фаций, существующих в пределах одной и той же местности. Сделаем это на примере ландшафтной карты, приведенной на рис. 7. Речь пойдет об участке междуречной тайги площадью около 15 км<sup>2</sup>. Он, конечно, в полной мере не охватывает разнообразия данного ландшафта, все же дает общее, во многих отношениях типическое представление о факторах, которые в приангарской тайге надо учитывать при территориальной организации культурного ландшафта в первую очередь.

Прежде, чем перейти к рассмотрению примера, отметим еще, что в Приангарье, как и во многих других таежных регионах Сибири, население и хозяйственная деятельность сосредоточены вдоль крупных транзитных рек. Расширение сельскохозяйственных угодий и рост населенных пунктов, по видимому, и впредь будут связаны главным образом с крупными речными долинами (Формирование территориально-производственных комплексов..., 1975). На междуречьях же будет господствовать комплексное лесное хозяйство. Тем не менее и ландшафты междуречной тайги будут использоваться более интенсивно, чем сейчас. В частности, здесь должна разместиться некоторая часть сельскохозяйственных угодий, возмещающих земли, затопляемые в крупных долинах искусственными водохранилищами. Кроме того, строятся насе-

ленные пункты и вокруг них возникают безлесные пространства — преимущественно вдоль основных транспортных путей, пересекающих междуречья, а также в районах освоения залежей минерального сырья.

В данном примере мы рассмотрим ландшафтную структуру пока не затронутой человеком местности, имея в виду перспективы сочетания в культурном ландшафте сельскохозяйственных земель, лесопокрытой площади и сельских населенных пунктов.

Рассмотрение начнем с урочищ местной гидросети — небольших долин. Они, пожалуй, наиболее резко отличаются от урочищ подтаежного облика, встречающихся в крупных транзитных долинах, поскольку для долин локального порядка наиболее характерны фации осложненных избытком холода и даже островками вечной мерзлоты факторально-динамических рядов. Между тем известны случаи, когда по такого рода долинам прокладываются транспортные пути и даже возникают поселения людей.

Судя по микроклиматическим наблюдениям, проводящимся на ключевом участке (Кремер, 1975), создание в таких местоположениях населенных пунктов сравнимо с выбором места жительства на многие сотни километров дальше к северу: настолько здесь отличаются важнейшие гидротермические условия от прилегающих местных водоразделов.

Например, когда в местной долине в 40—50°, на приводораздельных местоположениях температура около минус 25—40°. Так (по данным за январь 1967 г., когда средняя месячная температура была на 1,2° выше нормы), морозная погода с температурой ниже 30° в первом случае держалась 170—180 ч, во втором 65—100. В мае того же года погода с отрицательной температурой воздуха на приводораздельных участках длилась всего 30—50 ч, а в долине 140—160 (причем 10—15 ч ниже —5°; в других местах такой температуры вообще не отмечалось). В июле в долинном урочище ночная температура почти ежедневно опускается ниже 10° (а нередко достигает к 0° величин), на плакоре же в этот месяц в любое время суток температура обычно выше 10—15° (см. также рис. 13). Зато в долине несколько больше, чем на возвышениях, сказывается летняя жара (например, при температуре выше 25° цифры в июле таковы: 45—85 и 25—60 ч).

Основная причина усиленного охлаждения низин — местные, топографические инверсии, особенно сильные зимой, а в ночные часы при ясной погоде также во все остальные сезоны. В силу этого фактора долины также будут подвергаться заметно повышенной загрязненности воздуха при наличии поблизости источников задымления атмосферы. В данном случае нет возможности привести конкретные данные. Можно лишь высказать предположение, что различия по ночной тем-



пературе воздуха могут служить также некоторой косвенной оценкой вероятности загрязнения воздуха в сравниваемых геосистемах.

Дискомфортность природных условий в местных долинах усугубляется повышенной по ночам относительной влажностью воздуха. Вообще приангарская тайга, как уже подчеркивалось в работе, обнаруживает даже некоторые признаки засушливости. В дневные часы излишняя сухость воздуха бывает и в долинах, которые в этом смысле принадлежат к числу наиболее подверженных иссушению местоположений. В ночные же часы насыщенность воздуха водяным паром в долине, как правило, всегда приближается к 90—100%, в то время как на водоразделах — 60—70%. В сочетании с холодом такая сырость — весьма неблагоприятный фактор для жизни и производственной деятельности в этих урочищах.

Подверженность местных долин заморозкам и морозам, резкие суточные колебания температуры и относительной влажности воздуха, а также специфические мерзлотные явления (например, наледи), судя по отрывочным наблюдениям на прилегающей к стационару территории, заметно осложняют возобновление растительности. Карьеры и насыпи зарастают травой не скоро. На вырубках живой наземный покров, в том числе наиболее молодая часть подроста, на отдельных участках выгорает и высыхает, что чревато заметной задержкой лесовозобновительного процесса.

Здесь не будем останавливаться на многих других, уже отмеченных в гл. III, а отчасти в гл. II особенностях природы приуроченных к местным долинам геосистем. Вполне очевидно, что в процессе освоения тайги эти геосистемы нецелесообразно трансформировать. В культурном ландшафте ближайшего и отдаленного будущего они видятся главным образом как участки экстенсивного использования, как земли первой из названных выше категорий — с сохранением естественной временной структуры.

В ландшафт они впишутся как сопутствующие ручьям и мелким речкам полосы (в несколько сотен метров, в отдельных случаях до километра) леса (преимущественно из кедра и ели) — по подножиям и нижним частям склонов, лугово-кустарниковых сообществ вдоль русел, а также мелких заболоченных и болотных участков. Такие полосы будут служить источником обильных здесь ягод, главным образом смородины черной и красной, кедрового ореха, а также местом обитания дичи, для которой долинные местообитания ввиду разнообразия здесь мест укрытий и корма очень привлекательны.

Наибольший интерес для интенсивного сельскохозяйственного освоения представляют верховья долин. Это промежуточные звенья между водораздельными пространствами и соб-

ственно долинами — урочища водосборных понижений, слагаемые главным образом субгидроморфными фациями. Последним не свойственны отрицательные стороны долинных местоположений. В одной части этих фаций (основной субгидроморфный ряд) термические условия близки к фоновой норме, а иногда даже лучше.

Привлекают внимание прежде всего распространенные здесь дерново-подзолистые почвы с осложненными гумусовыми профилями. По аналитическим данным (Хисматуллин, 1970, 1975; Снытко, 1969; Снытко, Щетников, 1975), от подзолистых и дерново-подзолистых почв плакоров они отличаются не только в сторону некоторого увеличения гумусированности, но также улучшение физико-химических свойств и увеличения концентрации отдельных элементов минерального питания. В режиме влажности отсутствуют признаки переувлажненности корнеобитаемого слоя (если не считать серийных и отчасти полусерийных фаций).

В отношении воздействия на природный режим геосистем трех биотических компонентов — хвойных деревьев, покрытосемянных (травянистых растений и лиственных деревьев), зеленых мхов — для рассматриваемых фаций по сравнению с большей частью остальных характерно относительное увеличение роли покрытосемянных. Поэтому во время восстановительных стадий леса биотическая активизация здесь достигает также более высокого уровня, чем во многих других фациях. Тем не менее при ведении сельского хозяйства на рассматриваемых землях важное значение в структуре севооборота должны иметь посевы культурных трав и бобовых — как для восстановления плодородия почвы, так и для предотвращения водной эрозии.

Водосборные урочища, как правило, компактные, значительные по площади массивы земель (см. рис. 7), их свойства довольно плавно меняются в основном в одном направлении — к истокам ручьев. Тем не менее имеются также отрицательные стороны. Надо иметь в виду, что это зачаточные элементы гидросети. Отсюда очень близок путь выносимых из почвы химических удобрений и препаратов, применяемых для борьбы с вредителями, в водные артерии и замкнутые водоемы.

Другое нежелательное обстоятельство — эрозионная и суффозионная деятельность воды в истоках ручьев. При сведении леса произойдет мобилизация минерального субстрата на прилегающих в этом «центрах динамичности» участках, хотя уклоны поверхности здесь невелики (обычно до 5°) и сам субстрат (пылеватый суглинок) не относится к наиболее легкоразмываемым.

Совершенно очевидно, таким образом, что необходима стабилизация серийных фаций (временных водотоков и прима-



кающих к ним остальных топов). В естественных условиях здесь часто встречаются влажнотравно-кустарниковые заросли. Их нужно не только сохранять, но и способствовать расширению (особенно вверх от места начала эрозионного вреза) как естественных фильтров на пути водных потоков. Наряду с ролью барьера в системе пространственно сопряженных выделов фаций локализованные (шириной в несколько десятков метров) вдоль временных водотоков древесно-кустарниково-травяные сообщества могут выполнять также другие функции, в частности снегозадерживающую, водорегулирующую. Эта в своей основе естественная растительная группировка, где главную роль играют традиционные для Сибири дикорастущие ягодные кустарники — смородина и черемуха, — будет своеобразным «садовым» угольем, а кроме того, весьма привлекательным элементом «культурного наряда» будущего ландшафта освоенной тайги.

Все сказанное относится к частям водосборных, а частично также равнинно-водораздельных урочищ, занятых фациями основного субгидроморфного ряда. Но определенный интерес для сельского хозяйства представляют и участки с фациями промежуточного и микротермного вариантов этого ряда. Условия для полеводства здесь менее благоприятны, а на границе с долиной, по-видимому, оно даже не оправдано. Культивируемые луга и пастбища здесь могут давать хороший хозяйственный эффект.

Принимая во внимание ценность субгидроморфных фаций как сельскохозяйственных угодий, эти местоположения целесообразно занимать под застройку. Такой цели могут служить смежные с ними участки плакорной фации или сублитоморфных, представляющих достаточно широкий выбор подходящих для этого площадок и по гидротермическим условиям близких к фоновой норме.

В гл. III показано, что в приангарской тайге существует известная экологическая несогласованность между мощностью пихты как эдификаторного вида, способного подавлять остальные лесообразующие породы в очень многих фациях, и количеством органического вещества пихтового древостоя, часто уступающего запасу биомассы, образуемому в тех же фациях остальными породами (в том числе сосной, дающей также наиболее ценную в хозяйственном отношении древесину), вытесняемых в результате «опихтачения». Установлено также, что наиболее производительны пихтовые древостои именно в субгидроморфных, или субфлювиальных, фациях, которые перспективны для превращения в сельскохозяйственные угодья, т. е. земли в основном третьей (по вышеприведенной классификации) категории, постоянно поддерживаемые в начальных стадиях восстановительного процесса или даже в искусственном состоянии. К числу благоприятных

для пихты местообитаний относится также коренная плакорная фация.

Таким образом, наиболее интенсивное хозяйственное освоение территории согласно высказанным предложениям пойдет в основном за счет сокращения пихтовых лесов, занимающих в настоящее время незначительные площади и не представляющих в Приангарье особого хозяйственного интереса. Однако в природоохранных интересах полное их сведение недопустимо. Представляется, что и в водосборных понижениях, и в приплакорных урочищах культурного ландшафта должно быть оставлено место также для пихтачей.

Такой конкуренции разных видов землепользования не возникает, как правило, в фациях, принадлежащих разным вариантам сублитоморфных рядов, занимающих наибольшую площадь в Приангарье. Скелетность субстрата, увеличенная крутизна склонов и потенциальная интенсивность денудации делают эти фации менее привлекательными для сельского хозяйства. Но общий запас древесины здесь достаточно высок — даже выше, чем в субгидроморфных геосистемах. Это в основном перспективные площади лесохозяйственного использования как земли второй категории с сохранением в естественной временной структуре только восстановительной части.

В сублитоморфных фациях «опихтачение» леса протекает относительно замедленными темпами и ослабевает по мере увеличения степени литоморфности. Но оно зависит также от состава минерального субстрата.

Нами изучался сублитоморфный ряд в основном на примере траппов — горных пород основного состава, в химическом отношении обогащающих почву. Отсюда значительное обилие пихты, несмотря на не вполне оптимальные для нее остальные условия. При литоморфности иного химико-минерального типа интенсивность «опихтачения» снижается. Наиболее низка она в крайних фациях субпсаммоморфного (на рыхлом песке) и псаммосублитоморфного (на кварцевых песчаниках) рядов, где, по-видимому, поселяющаяся после пожаров сосна навсегда остается господствующей породой.

По мере усиления лесопромышленного использования территории инвазия пихты значительно ослабевает, а на многих местоположениях вообще прекратится. На первый взгляд, явного ущерба это не принесет. Но, учитывая роль пихты как стабилизирующего вида и пока еще не изученные ее консорционные связи, полного удаления пихты из древостоев, очевидно, не следует допускать.

В урочищах, подобных показанному на рис. 7 трапповому, существуют интенсивная пространственная сопряженность фаций и свои центры динамичности. В качестве последних выступают серийные литоморфные фации, сейчас занимающие



крайне ничтожные площади. Но с мобилизацией абиотических процессов, стимулируемых рубкой леса, эти фации могут расширяться за счет необратимого перехода в эту категорию гораздо более распространенных полусерийных фаций. Поэтому, так же как и в водосборном урочище, необходимы меры по стабилизации.

Представляется, что на участках, где встречаются полусерийные фации, важно не допускать одновременную вырубку леса большими массивами. Здесь особенно тщательно должно быть соблюдено на практике требование максимально сохранить при лесозаготовках подрост и всходы, ограничивать применение наиболее тяжелых гусеничных тракторов, разрушающих почвенный покров и благоприятствующих таким образом развитию разрушительной денудации. Очевидно также, что наиболее уязвимые выделения фаций (на крутых склонах и наиболее выдающихся вершинах) из планов вырубки должны исключаться.

Из приведенных примеров видно, что для организации культурного ландшафта нужна весьма разнообразная информация топического порядка. Необходимо, чтобы она нашла отражение и на отдельных ландшафтных картах. Составление таких карт с использованием принципа факторально-динамических рядов при характеристике геосистем и их группировке в легендах заметно может повысить их практическую действенность. Не менее важно, однако, согласовывать с топическими картами также всю практическую деятельность. Принимая во внимание сильную пространственную сопряженность фаций, особенно важно, чтобы отводились делянки под вырубку, а также закладывались контуры сельскохозяйственных земель, по возможности соотносясь с направлением горизонтальных связей, градиентами пространственного изменения важнейших показателей топов, естественной локализацией фаций и их переменных состояний.

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ

С точки зрения условий хозяйственного освоения тайга, взятая в целом, несколько напоминает так называемые «маргинальные зоны» (Михайлов, 1969) — категорию земель с ограниченными возможностями интенсивного использования и поэтому приносящих наибольшую пользу, находясь в близком к естественному состоянию. Но эта категория земель выделяется обычно в пределах ограниченных территорий, т. е. на внутриландшафтном уровне (Дорст, 1968; Парсон, 1969).

Применительно ко всей тайге такое обозначение отчасти может быть мотивировано тем, что она находится вне глав-

ной полосы расселения и интенсивного землепользования. Кроме того, за пределами тайги развивался современный тип сельского хозяйства — главного источника продовольствия. Вне тайги складывались господствующие в современном обществе стандарты жизненных потребностей людей и оптимальных с их точки зрения природных условий, а также отношение к природе вообще. Наконец, таежные условия действительно бывают весьма сложными для жизни и трудовой деятельности.

Тем не менее тайга сегодня находится отнюдь не на периферии социально-экономических интересов. Лесные богатства, запасы пресной воды, гидроэнергетические ресурсы и много другое как непреходящие ценности находятся в центре внимания не только отдельных отраслей, но и экономики в целом.

Опыт показывает, что отношение к тайге, руководствуясь «внеатаежными» стандартами, чаще всего не приводит к успеху. Разработка таежного типа природопользования — очень актуальная, но вместе с тем и сложная задача. Некоторые авторы (Космачев, 1972) справедливо настаивают на необходимости сохранения и дальнейшего развития опыта исконных обитателей тайги — северных народов. Все же понятно и то, что этого явно недостаточно. Разработка проблемы должна быть поставлена на новую, более широко научную основу.

Приведенные выше примеры исследования позволяют думать, что весьма важную роль в развитии таежного типа природопользования может и должно сыграть экспериментальное ландшафтоведение. Последнему такую роль придают комплексное начало и способность особенно близко (даже в буквальном смысле этого слова) подойти к таежной природе, ее наиболее интимным чертам, раскрывающимся только при рассмотрении явлений в крупном плане, как бы изнутри.

Геотопологический метод созвучен общепризнанной стратегии «очагового освоения тайги». Очаги, конечно, имеют разную величину и во многих случаях разрастаются в крупные территориально-производственные системы в виде обширных полос. Однако в силу специфики природы принцип территориальной (и не столько региональной, сколько локальной избирательности) при освоении тайги должен быть одним из главных. В тайге, как в «маргинальной» зоне, условия жизни человека и производственной деятельности несравнимо больше, чем в так называемой средней полосе, подвержены резкой пространственной дифференцированности местных условий и их временной изменчивости (Космачев, 1967; Космачев и др., 1976).

Отсюда вытекает второй принцип — оптимизация трудовой деятельности с учетом сезонности, свойственной таежной природе, о чем уже велась речь, и здесь не будем повторяться.



В качестве третьего принципа назовем требование максимально считаться в практике землепользования с заторможенностью биотических процессов и сильной зависимостью природных режимов геосистем от их биогенных состояний.

Это тем более важно, что фоновым в тайге должно быть комплексное лесное хозяйство. Поэтому здесь в большинстве случаев первостепенной задачей является не только обеспечение нормальной лесистости как таковой, но и поддержание постоянного разнообразия переменных состояний, локализованных на территории равномерно и с учетом большой контрастности фаций. Представление о местности как пространственно-временной структуре, о которой в предыдущих главах говорилось как о важной познавательной категории, в данном случае имеет непосредственный практический смысл.

Названными тремя принципами, конечно, далеко не ограничивается суть проблемы. Здесь важно подчеркнуть другое. Все, что было сказано по этому поводу, — это в основном постановка вопросов, требующих особого изучения и анализа лесоведами, экономико- и медико-географами, специалистами сельского хозяйства и других отраслей. Экспериментальное ландшафтоведение не может претендовать на роль некоторой универсальной области. Оно немыслимо без междисциплинарного сотрудничества. Нам представляется, что такое сотрудничество опять-таки должно развиваться и расширяться на базе комплексных стационаров.

Какую пользу ландшафтовед может принести при дальнейшей экспериментальной работе над исследованием затронутых проблем и доведением их до проектного уровня? Думается, такую же в принципе, как и при решении на стационарах тех задач, которые не являются специально-прикладными.

Так, экспериментальное ландшафтоведение вносит в междисциплинарные работы особую, специфически географическую форму точности — детальность локализации результатов, тем более, что по меньшей мере для половины всех практических нужд недостаточно генерализованной характеристики природных условий на уровне регионов, а требуются в первую очередь точные конкретные данные относительно непосредственно интересующих мест и местностей. Подтверждением тому может служить практика проектирования и ведения инженерно-строительных работ, сельского хозяйства, использования леса и многих других отраслей. Здесь приходится отпускать весьма значительные средства на проведение детальных изыскательских работ в топографических масштабах. Изучение закономерностей, которым подчинена территориальная контрастность природных условий в пределах ограниченного пространства, несомненно, является важной задачей, решение которой сулит немалый экономический эффект (Шоцкий, 1974).

Поэтому вполне закономерно, в частности, что географы Московского университета при обсуждении задач географической науки в свете решений XXV съезда КПСС, среди четырех главных проблем выделяют такую: «Крупномасштабные комплексные исследования природной среды, жизни населения и хозяйства на основе наших стационаров и полустационаров комплексного характера (с работой на них и физико-географов, и экономико-географов), которые еще надо, по существу, создать (мы в этом пока отстаем)» (Саушкин, 1977, с. 8).

Особенно близкое касательство к только что сказанному имеют запросы, выдвигающиеся при работе над районными планировками, составляющими, пожалуй, один из самых важных элементов формирования культурного ландшафта (Вергунов, Вильнер, 1969; Смирнова, 1969; Перцик, 1973; и др.). Развиваемые теперь экономико-математические модели, позволяющие учитывать и анализировать для принятия оптимальных проектных решений большое количество информации, требуют «сплошной» характеристики интересующих площадей, что, конечно, не выполнимо путем непосредственного опробования каждой точки (Формирование территориально-производственных комплексов..., 1975). Здесь может помочь дальнейшее совершенствование, в частности, также на математических принципах, методов построения и использования факторально-динамических рядов. Эта модель при наличии топографических карт, аэрофотоснимков и общем рекогносцировочном ознакомлении с местностью, позволяет, исходя из фоновых условий, заметно сократить объем съемочных работ. В таком же направлении требуется еще вести специальные междисциплинарные исследования на ключевых участках.

От детальности и комплексности информации о естественной пространственно-временной структуре природной среды, об интенсивности и формах проявления динамики дробных ландшафтных подразделений зависит реальное качество основной планировочной концепции района. Е. Н. Перцик (1973, с. 130) отметил, что в районной планировке «сложная, но очень важная задача — моделирование существующих и прогнозных экологических ситуаций. Ее решение станет возможным по мере разработки в физико-географической науке моделей «поведения» природных систем (понтанно развивающихся и антропогенных)».

Совершенно очевидно, что углубленные исследования в целях получения прогнозной информации предполагают все более полный и конкретный учет многообразия проявлений геосистем, особенно присущих ей временных состояний и их диахронной связи. Но вместе с тем возрастает необходимость в глубоком знании общей, неизменной, инвариантной сущности геосистем. В. Б. Сочава (1974), имея в виду сложность и «многоликость» рассматриваемого объекта, подчеркивает,



что в географии представление об инварианте имеет гораздо большее значение, чем во многих других научных дисциплинах.

На самом деле, лучших успехов в области прогнозирования добились те отрасли, где интересующие процессы удается описать на основе наиболее фундаментальных законов природы с помощью математических средств. Попытки подняться к такому уровню делаются также в ландшафтоведении, однако пока это влечет за собой главным образом только чрезмерное упрощение содержания, а результаты чаще всего оказываются сугубо формальными. Практически ландшафтоведы в своих заключениях по-прежнему приходится руководствоваться преимущественно опытом, чисто эмпирическим знанием, еще трудно поддающимся формализации и теоретическому анализу.

Думается, для прогностических исследований на данном этапе наиболее действенны «промежуточные» модели, которые, с одной стороны, способны реально стимулировать и направлять в нужное русло экспериментальную работу, а с другой — могут служить основой для изучения геосистем математическими и теоретическими средствами. Такого рода построениям основное внимание уделено и в данной работе.

Едва ли уже сегодня можно ожидать самостоятельных ландшафтных прогнозов в собственном и полном смысле слова. Работа в этом направлении должна вестись в самой тесной связи с отраслевыми специалистами. Тому есть объективные предпосылки.

В сферу прогнозирования вовлекается все большее число элементов окружающей среды. Но вместе с возрастанием требований к точности и надежности научного предсказания и по мере совершенствования методологических основ самого прогнозирования оказывается, что и для составления отраслевых прогнозов нужна все более и более комплексная информация, в особенности по части закономерностей, управляющих взаимной связью разнородных явлений и предметов на земной поверхности. Ландшафтоведение в этом отношении уже сейчас в состоянии оказать определенную помощь. В свою очередь, совместное рассмотрение отраслевых прогнозов, их сравнительный анализ и последующий синтез — один из реальных путей приближения к интегральному прогнозу.

Это говорит о том, что необходимы специальные действенные способы интеграции поотраслевых исследований и, больше того, общая основа, которая позволила бы при постановке задач в ходе их разработки и практического использования полученных данных охватывать окружающую человека среду и в ее цельном выражении и по частям. Поэтому те объективные предпосылки, о которых только что говорилось, в должной мере смогут быть осуществлены лишь при условии

постановки и непосредственного проведения дальнейших собственно экспериментальных ландшафтных исследований.

Заканчивая настоящую главу, коснемся вопроса о том, на какой реальной базе может развиваться прикладная сторона экспериментального ландшафтоведения. Стационары ландшафтного профиля крайне малочисленны вообще и в тайге в частности, причем основное внимание на них пока сосредоточено на теоретико-методической, поисковой проблематике. Это, безусловно, необходимый этап, от которого зависит и дальнейшее развитие.

Думается, однако, что развитие можно ускорить прежде всего привлечением в комплексные стационары, где до сих пор работают почти исключительно натуралисты, также географов социально-экономического направления. Последние в настоящее время, являются основными проводниками результатов географии в прикладную сферу, касающуюся решения проблемы «общество — природа».

Социально-экономическая география гораздо сильнее, чем физическая, привержена к региональному принципу. Экономико-географы и на геотопологию склонны смотреть главным образом категориями районирования и поэтому часто не находят в ней собственно географического смысла. В своей сущности экспериментальное ландшафтоведение и геотопология гораздо ближе к планетарной проблематике, чем региональной. Традиционное географическое районирование для геотопологии играет преимущественно вспомогательную, методическую роль, хотя и, как видно из принципов построения факторально-динамических рядов фаций, весьма существенную.

Путь к глубокому и конкретному учету в хозяйстве природы идет через геотопологию, как об этом можно судить по вышеупомянутым и некоторым другим работам физико- и экономико-географов. Ускоренное прохождение этого пути имело бы очень важное значение не только для ландшафтной науки, но и для географии в целом.

Научный совет по изучению таежных территорий при СО АН СССР неоднократно обращался к вопросам создания сети комплексных стационаров как одной из важнейших опор для решения проблем тайги. В настоящее время эти вопросы получают гораздо более широкое звучание в связи с разработкой системы слежения за окружающей средой из космоса. В такой ситуации перспективы экспериментального ландшафтоведения значительно расширяются.

Тем не менее едва ли можно в короткий срок рассчитывать на создание всего необходимого. Представляется, что на первых порах нужно обратить внимание на «освоение» ландшафтоведами уже существующих станций, прежде всего ландшафтоведами уже существующих станций, прежде всего гидрометеорологических, опытно-сельскохозяйственных, опыт-



ных лесничеств и т. п. Понятно, потребуется определенная работа над постановкой исследований на реальную методическую основу, учитывая специфику этих экспериментальных баз. Тем не менее это во многом способствовало бы вращению экспериментального ландшафтоведения в прикладную сферу.

\* \* \*

Таким образом, результаты экспериментально-стационарного исследования значительно углубляют и по-новому раскрывают практический смысл прежде всего трех требований к рациональному природопользованию: территориальной избирательности (в первую очередь локальной) мест интенсивного освоения; упорядочения хозяйственной деятельности с учетом сезонности природных условий; управления естественными биогенными сменами для обеспечения оптимальной пространственно-временной структуры культурного ландшафта тайги.

Объяснение свойств крупных подразделений географической среды, исходя из анализа пространственно-временной упорядоченности процессов, совершающихся в drobных подразделениях ландшафта, и анализа локальных контрастов территории очень повышает практическую ценность ландшафтно-географической информации. Это направление исследований имеет важное прикладное значение для совершенствования теории и практики районных планировок, для создания, размещения и использования сельскохозяйственных угодий, проведения мероприятий по улучшению состояния лесных ресурсов и повышению эффективности их использования. Оно перспективно для комплексного географического прогнозирования и разработки природоохранных нормативов, а также для решения многих других задач. Для осуществления этих возможностей на практике сейчас актуальна постановка специальных экспериментов на стационарах с непосредственным участием специалистов социально-экономических и инженерно-технических дисциплин.

Новые данные, получаемые в результате проведения экспериментов в природной среде, доступны использованию в общенаучных и специально-прикладных целях на основе сравнения интересующей территории с детально изученными ее натурными моделями как эталонами. Единичные стационары пока имеют ограниченные возможности в этом отношении. Разработка этого метода требует широко поставленных экспериментов, включающих целую систему стационаров, регулярные «синоптические» съемки состояния геосистем на пространствах между стационарами, опыты по картографическому и математическому моделированию геосистем в пределах обширной территории.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии рассмотрены исходные положения экспериментально-ландшафтных исследований, вытекающие из прежнего опыта ландшафтоведения и в особенности из важнейших тенденций обновления географии в последние 15—20 лет. Намечены некоторые концептуальные модели, предназначенные для постановки экспериментальных работ в природе, обсуждены достигнутые с их помощью результаты. Проанализировано содержание новых данных, полученных в одном из характерных таежных ландшафтов Сибири со слабо нарушенной человеком природой. В заключение коротко остановимся на главнейших итогах и некоторых вопросах дальнейшего развития рабочего направления, обосновываемого в этой книге.

Детальное и глубокое исследование природных географических комплексов невозможно без привлечения экспериментальных методов многих отраслевых дисциплин. Такое исследование по своему характеру должно быть многоотраслевым. Однако очень часто эксперименты в природе, проводимые отраслевыми науками, позволяют прийти к географически достоверным и практически значимым выводам лишь тогда, когда должным образом учитывается весь комплекс конкретных ландшафтных условий. Обеспечивать надлежащий учет этих условий, непосредственно осуществлять комплексный физико-географический подход при постановке и проведении опытов должно ландшафтоведение.

Направление ландшафтных исследований, ориентированных на выполнение такой роли и призванных служить источником синтезированных экспериментальных данных о геосистемах, может быть названо экспериментальным ландшафтоведением. Это одно из продиктованных современными требованиями науки и практики новых направлений комплексной физической географии. Оно развивается на стыке двух основных ветвей синтетического изучения окружающей человека природной среды — ландшафтного картографирования и районирования территории, с одной стороны, и специализированного изучения природных комплексов по биолого-экологическим, геохимическим, физическим и математическим принципам — с другой.



Экспериментальное ландшафтоведение опирается прежде всего на те возможности, которые дает детальное исследование особо выбранных и оборудованных ключевых участков как натуральных моделей геосистем определенных категорий; стационарную форму полевых работ; междисциплинарное сотрудничество на ландшафтной основе; сравнение с подробно изученными географическими эталонами аналогичных территорий как способ познания последних. Использование этих возможностей создает многие предпосылки для постановки исследований в точно учитываемых условиях с применением современной экспериментальной техники и количественных методов.

Теоретической основой экспериментально-ландшафтных работ может служить учение о геосистемах как современная концепция ландшафтоведения. Эти исследования должны быть нацелены на конкретное овладение геосистемами как функциональными единицами инертных, мобильных и биотически активных элементов окружающей человека среды, связанными с физической поверхностью Земли, подчиненными закономерностям интеграции, дифференциации и иерархии, действующим в географической оболочке, подлежащими рациональному использованию, управлению и улучшению в интересах общества и сохранения природы.

Основная операциональная единица экспериментального ландшафтоведения — географическая фация как элементарная геосистема. Это тот уровень географической иерархии, на котором особенно глубоко и полно прослеживается интегральный эффект взаимодействия всех геосистемообразующих факторов. По своим пространственно-временным масштабам фация является ландшафтной единицей, наиболее доступной изучению точными методами. Отсюда собственно и начинается реальное взаимопроникновение работ по макроскопической инвентаризации разнообразия природных комплексов с углубленными количественными и качественными исследованиями их энергетики, геохимии, экологии, биологии и других свойств.

Проникновение в фацию как функциональное ядро географической оболочки, применение этих данных для познания геосистем остальных категорий, в особенности ландшафта как базовой категории комплексного физико-географического районирования и картографирования территории, — такова непосредственная задача экспериментального ландшафтоведения.

По своим свойствам фации сильно различаются даже в пределах небольших пространств. Так, внутриландшафтные градиенты многих природных условий в десятки, сотни, а иногда и тысячи раз больше, чем изменения окружающей среды на единицу расстояния, обусловленные широтной зональностью, континентально-океанической секторностью, высотной поясностью и другими фоновыми закономерностями

планетарно-региональных масштабов. Соответственно и возможность непосредственного воздействия друг на друга у пространственно сопряженных фаций значительно больше по сравнению с теми взаимовлияниями, которые связывают между собой территориальные подразделения высших рангов, в частности смежные ландшафты.

Контрасты и высокая степень пространственно-функциональной сопряженности фаций принадлежат к числу главных свойств ландшафта как геосистемы. Учет этого свойства — одно из важнейших требований рационального освоения земель, использования их ресурсов и охраны ландшафта.

Анализ фациального состава ландшафта предполагает выявление факторов, создающих контрастность местных природных условий и объединяющих фации в геотопологическую факторально-динамическую систему; оценку зависимости внутреннего содержания фации от ее локального окружения и планетарно-регионального фона; определение ее функциональной роли в геосистемах более высоких порядков; объяснение фации как диахронного целого — динамической системы, существующей в виде множества переменных состояний; изучение пространственно-временных микроструктур, обусловленных взаимодействием внутри выдела фации единиц компонентного уровня.

Названные задачи следует решать сопряженно, пользуясь комбинированным методом. Последний должен включать по меньшей мере три взаимодополняющих способа: детальное ландшафтное картографирование системы ключевых участков; повторные площадные съемки, которые дополняют стационарные наблюдения, проводимые, как правило, лишь в отдельных пунктах; специальные учеты градиентов природных условий на особых полигонах с целью анализа этих данных на математико-статистической основе. На стационарах все три способа сливаются в единый методический подход.

В результате исследований в природе выявлены главные факторы, определяющие функциональную дифференцированность местности и геотопологическую связь между фациями в таежном ландшафте. Это локальное перемещение воздуха вдоль земной поверхности, вызываемое охлаждением деятельного слоя, и процесс движения влаги в линейную гидросеть, взаимодействующие с местным рельефом и геологическими условиями как инертным началом геосистемы, разными сукцессионными стадиями растительного покрова и возрастными состояниями леса — проявлениями его биотической активности.

Из-за трансформации этими факторами планетарно-регионального фона ландшафт представляет собой множество неравноценных в структурном и динамическом отношении элементарных геосистем — коренной, полукоренных, мнимо-



коренных, полусерийных, серийных. Принадлежность фации к той или иной категории определяется соотношением воздействий, оказываемых на элементарную геосистему локальным окружением, с одной стороны, и планетарно-региональным фоном — с другой.

В выделах коренной фации комплекс природных условий близок к фоновой норме, обусловленной положением данного ландшафта в планетарно-региональной структуре географической оболочки. В серийных фациях наблюдаются наиболее сильные отклонения от этой нормы, вызванные особенностями внутриландшафтного местоположения и влиянием непосредственного окружения. Фации остальных категорий представляют собой промежуточные ступени между этими полярными образованиями.

В пределах выдела фации существуют микровыделы покомпонентного уровня, образующие внутрифациальные образования разной степени обособленности. Характер и мера такой расщепленности закономерно меняются по направлению от серийных фаций к коренной.

Самая сильная расщепленность свойственна выделам серийных фаций. Это связано с тем, что здесь локализованы наиболее глубокие и частые динамические преобразования ландшафта. В остальных фациях расщепленность уменьшается по мере увеличения их способности к стабилизации, зависящей от внутриландшафтной ситуации элементарной геосистемы и физико-географического фона ландшафта.

Определение фоновой нормы ландшафта и пределов отклонения от нее локальных природных условий, выявление факторальных составляющих локального пространства, которые соединяют эти крайние внутриландшафтные ситуации и находящиеся между ними фации различных динамических категорий, позволяют представить ландшафт в виде системы факторально-динамических рядов элементарных геосистем. Это интегральная модель ландшафта, в геотопологическом аспекте отражающая взаимоотношения действующих в нем природных факторов и обусловленные этими взаимоотношениями связи между элементарными геосистемами.

В изученном нами таежном регионе выявлено 5 главных рядов — субкриоморфный, сублитоморфный, субпсамморфный, субгидроморфный, субстагнозный. Каждый из них отражает определенный тип взаимоотношения между действующими в ландшафте факторами и динамический спектр подчиненных этому типу фаций. Построение системы факторально-динамических рядов — перспективная форма ландшафтного синтеза результатов экспериментальных исследований. Вместе с тем предлагаемая схема может служить исходной моделью для планирования и проведения таких исследований, углубленного анализа покомпонентных данных.

Фация, как и геосистема любого другого ранга, — это система разного рода преходящих состояний. В их смене отражается взаимодействие геосистемообразующих факторов и характер естественной упорядоченности функциональных процессов, несовместимых в один момент времени, но необходимых для сохранения геосистемы как цельного объекта. Во временной дифференцированности состояний таежных геосистем первостепенное значение имеет сезонность совершающихся в них природных процессов. Выделяются восемь главных сезонных фаз, отражающих годовой ход взаимодействия инертного, мобильного и биотически активного начала в таежном ландшафте.

Вторая важная составляющая временной организации геосистем тайги — биогенные смены. Они вызваны в первую очередь взаимодействием трех основных компонентов растительного покрова — хвойных деревьев, покрытосемянных (главным образом травянистых растений, лиственных деревьев и кустарников) и мхов, а также возрастной динамикой поколений древостоя. Эти факторы обуславливают возникновение состояний активизации, нормализации и стагнации, смене которых сопутствуют значительные колебания общего количества биомассы и ее состава, изменение всех важнейших режимов функционирования геосистемы, а также ее пространственного строения.

Структура сезонного ритма и биогенных циклов существенно изменяется по факторально-динамическим рядам и структурно-динамическим категориям фаций. В свою очередь, из-за того, что эти смены в разных фациях проявляются с различной интенсивностью и протекают с неодинаковой скоростью, значительным временным изменениям подвержены также локальные градиенты, а следовательно, и взаимосвязи между пространственно сопряженными геосистемами. Отсюда перед экспериментальным ландшафтоведением встает чрезвычайно важная проблема — конкретное познание геосистем как пространственно-временных структур, как природных образований, при функционировании которых действуют некоторые механизмы компенсации пространственного разнообразия состояний геосистем временным, и наоборот.

Экспериментальное изучение этой проблемы имеет фундаментальное значение для решения конструктивных задач современной комплексной физической географии, связанных с прогнозированием динамики природной среды, управлением естественными сменами для рационального использования, улучшения и охраны природных ландшафтов, созданием новых географических систем с оптимальным структурно-динамическими параметрами. Пока экспериментальное ландшафтоведение еще только ищет подходы к решению этой проблемы на основе конкретных исследований в природе. Такой



цели могут служить, в частности, рассмотренные в предыдущих главах модели сезонной ритмики, биогенной цикличности и факторально-динамических рядов. Изучение с их помощью закономерностей смены состояний геосистем способствует конкретизации вышеуказанной проблемы с ландшафтно-географических позиций. Структурно-динамический анализ ландшафтных фаций в топологическом аспекте здесь имеет решающее значение, поскольку он особенно близко подходит как к научной, так и к практической стороне существующей в природе связи между пространством, временем и содержанием геосистем.

Таким образом, пофациальный охват комплекса природных условий повышает точность и детальность ландшафтно-географической информации. Он повышает ее содержательность, а также предсказательную способность. Вместе с тем этот подход ведет к выявлению и экспериментальному изучению особого класса природных закономерностей, остающихся вне поля зрения при использовании менее детализированных подходов.

Излагаемые в книге примеры и фактические данные ограничены региональными рамками западной части Приангарской тайги. Они отражают региональные особенности южно-таежных ландшафтов, примыкающих к окраине внутриконтинентальной мерзлотной области евразийской тайги. Это геосистемы, занимающие промежуточную ступень между равнинной и горной тайгой. Наконец, важно, что они находятся на периферии ареала темнохвойнотоежных геомов, в которых специфика таежного типа природной среды находит наиболее полное выражение.

С ландшафтно-экологических позиций ключевое значение для понимания структуры и динамических тенденций рассматриваемых геосистем имеет пихтовый лес. В подавляющем большинстве фаций пихта, оказывая сильное воздействие на среду обитания, потенциально способна вытеснять остальные лесообразующие породы. Однако неоптимальный для нее здесь экологический фон и антропогенные воздействия сильно ограничивают проявление этой способности. В результате преобладающими по площади являются сосновые и лиственнично-сосновые, а также мелколиственные леса — разные стадии сукцессий, которые могут завершиться лишь в сравнительно редких случаях.

Опыт проведенных в Приангарье исследований подтверждает, что ландшафтоведение может и должно найти свое место в междисциплинарных экспериментальных работах на стационарах. Об этом говорят также результаты некоторых других коллективных опытов (Изучение степных геосистем во времени, 1976; Беручашвили и др., 1976). Возможность использования схемы исследований, предлагаемой в настоящей книге, в принципе не ограничена какими-либо региональными

рамками, эта схема имеет общее методическое значение. В частности, многие ее элементы нашли применение на других физико-географических стационарах, расположенных в различных районах Сибири (Южная тайга Прииртышья, 1975; Природные режимы степей..., 1976; Природные режимы средней тайги..., 1977), и показали жизнеспособность рассматриваемого нами направления ландшафтных исследований.

От этого методического подхода выигрывают прежде всего результаты покомпонентного изучения геосистем. Они приобретают географическую конкретность, обогащаются новым содержанием. В свою очередь, и перед ландшафтоведением открываются новые возможности решить свои наиболее актуальные проблемы. Этот путь ведет от преобладавшего до сих пор статического описания территориального разнообразия природных комплексов к изучению динамики геосистем — их изменения под воздействием внешних и внутренних факторов в естественных и преобразованных человеком условиях. Предлагаемый методический подход позволяет перейти от визуального морфологического рассмотрения ландшафта к познанию определяющих его функционирование структур — форм упорядоченности взаимоотношений между компонентами и состояниями геосистем в пространстве и времени.

Достигнутые в этом направлении результаты пока представляют главным образом теоретический интерес. Однако они вносят определенный вклад и в конкретную разработку способов географического прогнозирования, территориального планирования, формирования культурного ландшафта, а также решения других важных практических задач. Как показано в последней главе, экспериментальное ландшафтоведение может давать информацию, без которой упомянутые здесь области испытывают большие трудности. В то же время оно подсказывает некоторые новые пути решения практических задач.

Хотя своими корнями экспериментальное изучение природных комплексов восходит к тем же истокам, из которых берет начало и само научное ландшафтоведение, — к трудам классиков отечественного естествознания, в первую очередь В. В. Докучаева, — на протяжении многих десятилетий связь между понятиями «эксперимент» и «ландшафтоведение» не получила должного воплощения в конкретных работах. Как видно из всего изложенного, фактически экспериментальное ландшафтоведение еще находится лишь в начале пути. Поэтому особенно важно, завершая рассмотрение исходных основ этого рабочего направления, обратить внимание на некоторые вопросы, не решенные к настоящему времени, но все более злободневные по мере продвижения вперед.

Комплексные стационарные опыты до сих пор осуществлялись почти исключительно силами натуралистов. Дальнейшее расширение и углубление связей между представителями



естественных наук по-прежнему остается залогом успеха. Однако экспериментальное ландшафтоведение нуждается в самом тесном взаимодействии также со специалистами инженерно-технических и социально-экономических дисциплин. Без этого невозможно, во-первых, оснащение опытов современным научным оборудованием, во-вторых, достижение должного размаха, совершенства и практической эффективности экспериментальных работ. Кроме того, только через эти отрасли результаты исследований могут найти применение в инженерно-технических проектах и социально-экономических программах оптимального использования природных ресурсов, улучшения окружающей среды, охраны природы.

Изучаемые стационарами ключевые участки должны служить географическими эталонами природной среды. В настоящее время, когда число стационаров, где ведутся ландшафтные работы, крайне невелико, такое использование экспериментальных данных весьма ограничено. Однако по мере развертывания системы биосферных станций, экологического мониторинга, дистанционных исследований окружающей среды с космоса быстро возрастают как возможности, так и необходимость развития экспериментально-ландшафтных работ, охватывая все размерности географической оболочки.

К числу главных проблем, стоящих теперь перед экспериментальным ландшафтоведением, относится развитие методов планирования экспериментов на основе учения о геосистемах. Выше было показано, что для этого может сейчас давать комплексное физико-географическое начало. Дальнейший поиск путей к реализации предлагаемых концептуальных и эмпирических моделей в математической форме — очень важная задача. От успехов в ее решении во многом зависит состоятельность экспериментального ландшафтоведения как научного направления и его способность обеспечить эффективный, точный и достаточно обоснованный учет в природе всех необходимых параметров при осуществлении опытов по испытанию гипотез, теоретических моделей и практических рекомендаций, при синтезе экспериментальных данных и их распространении на другие территории.

Проблемы, которые затронуты в этой книге, назрели по ходу развития географической науки. Они поставлены самой жизнью, усложнением практических задач по регулированию взаимоотношений между обществом и природой. Поэтому с перспективами экспериментального ландшафтоведения в значительной степени связаны и перспективы конструктивного разрешения одного из самых сложных противоречий современного мира — противоречия между объективной целостностью земной природы и частным, поотраслевым ее освоением наукой и практикой.

## ЛИТЕРАТУРА

- Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 1. Кн. 1. М., 1967. 908 с.
- Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 12. М., 1958. 880 с.
- Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических Республик. М., 1977. 64 с.
- Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976. 256 с.
- Аболин Р. И. Опыт эпитимологической классификации болот. — «Болотоведение», 1914, № 3—4, с. 230—287.
- Агеев А. С., Бушмелев И. В., Дуплищев И. Т., Карташов Ю. Г. Краткая характеристика развития и роста пихтарников Сахалина. — В кн.: Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока. Ч. 1. Хабаровск, 1972, с. 242—244.
- Александрова В. Д. Классификация растительности. Л., 1969. 276 с.
- Александрова Т. Д. Статистические методы изучения природных комплексов. М., 1975. 96 с.
- Александрова Т. Д. Основные направления использования моделей и математических методов в общей физической географии и ландшафтоведении. — В кн.: Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. Т. 3. М., 1977, с. 147—209.
- Александрова Т. Д., Преображенский В. С. Ландшафты малых котловин горной тайги. М., 1964. 88 с.
- Алехин В. В. Растительность СССР в основных зонах. М., 1951. 512 с.
- Анохин П. К. Опережающее отражение действительности. — «Вопросы философии», 1962, № 7.
- Анненская Г. Н., Видина А. А., Жучкова В. К., Коноваленко В. Г., Мамай И. И., Поздняева М. И., Смирнова Е. Д., Солнцев Н. А., Цесельчук Ю. Н. Морфологическое изучение географических ландшафтов. — В кн.: Ландшафтоведение. М., 1963, с. 5—28.
- Антипов А. Н. Некоторые аспекты моделирования водного режима геосистем. — В кн.: Стационарные исследования и моделирование геосистем. Иркутск, 1977, с. 82—89.
- Арманд А. Д. Природные комплексы как саморегулируемые информационные системы. — «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1966, № 2, с. 85—94.
- Арманд А. Д. Роль моделей в изучении природных комплексов. — В кн.: Методика ландшафтных исследований. Л., 1971, с. 115—130.
- Арманд А. Д. Информационные модели природных комплексов. М., 1975. 126 с.
- Арманд А. Д. Некоторые задачи и методы физики ландшафта. — В кн.: Геофизика ландшафта. М., 1967, с. 7—24.
- Арманд А. Д. Наука о ландшафте. М., 1975. 288 с.
- Артемов А. И., Чертовской В. Г. О предварительном лесовозобновлении в северотаежных сосняках — брусничниках. — В кн.: Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976, с. 10—19.
- Асланикашвили А. Ф. Метакартография. Основные проблемы. Тбилиси, 1974. 127 с.
- Базилевич И. И., Родин Л. Е., Розов Н. Н. Географические аспекты изучения биологической продуктивности. Л., 1970. 28 с.
- Басаликас А. Б. О принципах целенаправленной детерминированной антропогенизации ландшафтов. — В кн.: Актуальные вопросы современной прикладной географии. Иркутск, 1976, с. 56—61.
- Бауэр Л., Вайничке Х. Забота о ландшафте и охрана природы. М., 1971. 264 с.



- Белов А. В., Ряшин Б. А. Растительность левобережной части Нижнего Приангарья.— В кн.: Растительный покров Красноярского края. Вып. 2. Новосибирск, 1965.
- Берг Л. С. Ландшафтно-географические зоны СССР. Ч. 1. М.—Л., 1931. 401 с.
- Берг Л. С. Фации, географические аспекты и географические зоны.— Избр. труды. Т. 2. М., 1958, с. 208—211.
- Беручашвили Н. Л. Некоторые вопросы структуры и функционирования природных комплексов на примере ландшафтов хребта Ялно. Автореф. канд. дис. М., 1971, с. 1—30.
- Беручашвили Н. Л. и др. Ландшафтные исследования на Марткопском стационаре. Тбилиси, 1976. 50 с.
- Биогеографическое и ландшафтное изучение лесостепи. М., 1972. 198 с.
- Блауберг И. В., Юдин И. Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973. 271 с.
- Будыко М. И. Тепловой и водный режим земной поверхности.— В кн.: Советская география. М., 1960, с. 278—288.
- Будыко М. И. Глобальная экология. М., 1977. 328 с.
- Бунге В. Теоретическая география. М., 1967. 280 с.
- Бурбаки Н. Общая топология. Основные структуры. М., 1968. 274 с.
- Буш К. И., Иевиньш И. К. Некоторые аспекты развития динамической типологии леса.— В кн.: Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976, с. 3—6.
- Бялович Ю. П. Метод фитомелиорации.— В кн.: Украинский НИИ Агролесомелиорации и лесного хозяйства. Научный отчет за 1945 год. Киев—Харьков, 1947, с. 105—147.
- Бялович Ю. П. Системы биогеоценозов.— В кн.: Проблемы биогеоценологии. М., 1973а, с. 37—46.
- Бялович Ю. П. Биогеоценологические основания теории систем лесов.— В кн.: Проблемы биогеоценологии. М., 1973б, с. 47—57.
- Ватанабе С. Разложение Карунена-Лозва и факторный анализ. Теория приложения.— В кн.: Автоматический анализ сложных изображений. М., 1969, с. 254—275.
- Вергунов А. П., Вильнер М. Я. Архитектурно-ландшафтная оценка территории в районной планировке.— В кн.: В помощь проектировщику градостроителю. Тема 1. Районная планировка. Киев, 1969, с. 23—27.
- Вержущий Б. Н. Беспозвоночные в топогеосистемах.— В кн.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975, с. 210—245.
- Вернадский В. И. Биосфера. М., 1967. 376 с.
- Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтным исследованиям. М., 1962. 120 с.
- Видина А. А. Типологическая классификация морфологических частей ландшафтов на равнинах.— В кн.: Ландшафтный сборник. М., 1973.
- Викторов С. В., Чикишев А. Г. Ландшафтно-генетические ряды и их значение для индикации природных и антропогенных процессов.— В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М., 1976, с. 27—33.
- Виноградов Б. В. Космические методы изучения природной среды. М., 1976.
- Виноградов Б. В., Геренчук К. И., Исаченко А. Г., Раман К. Г., Цесельчук Ю. Н. Основные принципы ландшафтного картирования.— В кн.: Тексты докладов. М., 1961, с. 6—13. (Материалы к V Всесоюзному совещанию по вопросам ландшафтоведения).
- Влияние человек на ландшафт. М., 1977. 206 с.
- Волобуев В. Р. Экология почв. Баку, 1963. 260 с.
- Воронов А. Г. Современные проблемы ландшафтной индикации.— В кн.: Ландшафтная индикация природных процессов. М., 1976, с. 10—15.
- Воронцов П. А. Микроаэрологические исследования нижнего 300-метрового слоя.— В кн.: Микроклимат СССР. М., 1967, с. 197—211.
- Войлошников В. А. Гидротермические движения грунтов в Нижнем Приангарье.— В кн.: Южная тайга Приангарья. Л., 1969, с. 166—218.

- Высоцкий Г. Н. О фитотопологических картах, способах их составления и их практическом значении.— «Почвоведение», 1909, № 2, с. 97—124.
- Высоцкий Г. Н. Избранные сочинения. М., 1962, т. 1, 499 с.; т. 2, 399 с.
- Гальцов А. И., Герасимов И. П., Занин Г. В., Соболев Л. Н. Проект общей программы полевых стационарных исследований по биогеофизике природных ландшафтов.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1961, № 5.
- Гвоздецкий Н. А. Опыт классификации ландшафтов СССР.— В кн.: Тексты докладов М., 1961, с. 23—34.
- Гвоздецкий Н. А. Проблемы физической географии. М., 1973. 150 с.
- Герасимов И. П. Советская конструктивная география. М., 1976. 208 с.
- Герасимов И. П., Грин А. М. Экспериментальный полигон для изучения природных и антропогенных геосистем центральной части Русской равнины (характеристика, программа, первые результаты).— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1976, № 1.
- Герасимов И. П., Преображенский В. С. Основные задачи советской географической науки в свете решений XXV съезда КПСС.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1976, № 4, с. 5—16.
- Геренчук К. И., Исаченко А. Г., Солицев Н. А. Неотложные задачи советских ландшафтоведов.— «Изв. ВГО», 1975, № 4, с. 289—294.
- Геренчук К. И., Раковская Э. М., Толчиев А. Г. Полевые географические исследования. Киев, 1975. 248 с. (На укр. яз.).
- Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М., 1964. 230 с.
- Глазовская М. А. Актуальные проблемы теории и практики геохимии ландшафтов.— «Вест. Моск. ун-та. Сер. V. География», 1976, № 2.
- Григорьев А. А. Современное состояние теории географической зональности.— В кн.: Советская география. М., 1960, с. 289—298.
- Григорьев А. А. Развитие теоретических проблем советской физической географии. М., 1965. 246 с.
- Григорьев А. А. Закономерности строения и развития географической среды. М., 1966. 382 с.
- Григорьев Г. Н. Радиационный режим и тепловые потоки в темной тайге.— В кн.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975, с. 50—70.
- Гришина Л. А., Самойлова Е. М. Учет биомассы и химический анализ растений. М., 1971. 99 с.
- Дворецкий И. Х. Латинско-русский словарь. М., 1976. 1096 с.
- Девис Дж. Статистика и анализ геологических данных. М., 1977. 574 с.
- Демек Я. Теория систем и изучение ландшафта. М., 1977. 224 с.
- Дорст Ж. До того как умрет природа. М., 1968. 415 с.
- Докучаев В. В. Учение о зонах природы. М., 1948. 64 с.
- Докучаев В. В. Избранные сочинения в трех томах. М., 1949, Т. 2. 426 с.; т. 3. 446 с.
- Докучаев В. В. Соч. Т. 6. М., 1951. 595 с.
- Дроздов А. В. О ландшафтоведческих аспектах балансовых исследований.— В кн.: Новое в физической географии. М., 1975, с. 72—79.
- Дылис Н. В. Структура лесного биогеоценоза. (Комаровские чтения, т. 21). М., 1969. 56 с.
- Дылис Н. В. Межбиогеоценозные связи, их механизмы и изучение.— В кн.: Проблемы биогеоценологии. М., 1973, с. 71—78.
- Дылис Н. В., Бузова Г. Л., Выгодская Н. Н., Золотокрылин А. Н., Каландадзе Н. И., Носова Л. М., Солицева О. Н., Холопова Л. Б., Чернова Н. М. О влиянии эдификаторных синузид на структурно-функциональную организацию лесных биогеоценозов.— В кн.: Проблемы биогеоценологии. М., 1973, с. 79—104.
- Дьяконов К. Н. О постановке курса «Физика ландшафта» на географическом факультете Московского университета.— В кн.: Новое в физической географии. М., 1975, с. 44—55.
- Ефремов Ю. К. Ландшафтная сфера Земли.— «Изв. ВГО», 1959, № 6.
- Жучкова В. К. Организация и методы комплексных физико-географических исследований. М., 1977. 184 с.



- Задачи Географического общества СССР, вытекающие из решений XXV съезда КПСС.— «Изв. ВГО», 1976, № 5, с. 357—361.
- Задачи развития экологических исследований в СССР.— «Экология», 1977, № 5, с. 8—15.
- Злобина Э. М. Интегральный показатель фенологического состояния видов растений при изучении динамики фенопроцесса.— В кн.: Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1975а, с. 100—116.
- Злобина Э. М. Сезонная динамика растительного покрова.— В кн.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975б, с. 148—176.
- Зяпков Л., Горунова Д. Организация и задачи на стационарных ландшафтных исследованиях.— «Българска Академия на науките. Проблеми на географията», София, 1977, № 2, с. 54—60.
- Ивашкевич Б. А. Девственный лес, особенности его строения и развития.— «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1929, № 10—12.
- Изучение степных геосистем во времени. Новосибирск, 1976. 283 с.
- Индикационные географические исследования. М., 1970. 191 с.
- Исаченко А. Г. Физико-географическое картирование. Ч. 3. Л., 1961. 266 с.
- Исаченко А. Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М., 1965. 328 с.
- Исаченко А. Г. Геотопология и учение о ландшафте.— «Изв. ВГО», 1972, № 3, с. 161—173.
- Исаченко А. Г. Динамические аспекты современного ландшафтоведения.— В кн.: VII совещание по вопросам ландшафтоведения (современное состояние теории ландшафтоведения). Пермь, 1974, с. 4—7.
- Исаченко А. Г. Теоретические основы прикладного ландшафтоведения.— «Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока», 1975, вып. 48.
- Исаченко А. Г. Прикладное ландшафтоведение. Ч. 1. Л., 1976. 151 с.
- Казимиров Н. И. Ельники Карелии. Л., 1971. 140 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л., 1973. 176 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М. Динамика потоков вещества и энергии в ельниках европейской тайги.— В кн.: Тезисы докладов, представленных XII Международному ботаническому конгрессу. Л., 1975.
- Калесник С. В. Задачи географии и полевые географические исследования.— «Учен. зап. ЛГУ. Сер. геогр.», 1940, вып. 2.
- Калесник С. В. Основы общего землеведения. М.—Л., 1955. 472 с.
- Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М., 1970.
- Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика. М., 1974. 288 с.
- Карпов В. Г. Экспериментальная фитоценология темнохвойной тайги. Л., 1969. 336 с.
- Климатический атлас СССР. Т. 1. М., 1960. 181 с.
- Колесников Б. П. Кедровые леса Дальнего Востока. М., 1956. 252 с.
- Колесников Б. П. Типы южнотаяжных лесов среднего течения р. Тавды и Тавда-Куминского междуречья.— В кн.: Южнотаяжные леса Западно-Сибирской равнины. Бассейны рек Тавды и Конды. Свердловск, 1972, с. 66—98.
- Колесников Б. П., Попов Л. В. Эталоны коренных таежных местностей, желательная их дислокация и проблемы изучения.— В кн.: Эталонные участки природы тайги. Иркутск, 1973, с. 5—21.
- Количественные методы изучения природы. М., 1975. 216 с. (Вопросы географии, сб. 98).
- Космачев К. П. Проблемы количественной оценки специфики местных условий.— «Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока», 1967, вып. 16, с. 58—65.
- Космачев К. П. Пионерное освоение тайги. Новосибирск, 1974. 144 с.
- Космачев К. П., Мосунов В. П., Петрова Г. А. О подходах к оценке контрастности условий освоения новых территорий.— В кн.: Проблемы развития районов с экстремальными природными условиями. Иркутск, 1976, с. 43—68.

- Крамбеин У., Кауфмен М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. Введение в математическую геологию. М., 1973. 150 с.
- Крауклис А. А. Некоторые вопросы изучения динамики фаций.— В кн.: Научный поиск в современной географии. Иркутск, 1966, с. 6—11.
- Крауклис А. А. Опыт стационарного исследования ландшафтной структуры (на примере Нижнего Приангарья).— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1967, вып. 16, с. 32—41.
- Крауклис А. А. Структурно-динамический фациальный анализ южнотаяжного ландшафта Нижнего Приангарья.— В кн.: Южная тайга Приангарья. Л., 1969а, с. 32—119.
- Крауклис А. А. Факторально-динамические ряды таежных геосистем и принципы их построения.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1969б, вып. 22, с. 15—25.
- Крауклис А. А. Местные географические структуры приангарской тайги.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1973, вып. 41, с. 3—16.
- Крауклис А. А. Особенности географических градиентов топического порядка.— В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, 1974а, с. 87—137.
- Крауклис А. А. Переменные состояния таежных фаций.— В кн.: Методы комплексных исследований геосистем. Иркутск, 1974б, с. 13—25.
- Крауклис А. А. К оценке состояний и структур геосистем для практических целей.— В кн.: Актуальные вопросы современной прикладной географии. Иркутск, 1976, с. 49—55.
- Крауклис А. А., Войлошников В. А. Отражение природных процессов в микрорельефе ландшафтных фаций приангарской тайги.— В кн.: Топологические особенности тепла, влаги, вещества в геосистемах. Иркутск, 1970, с. 142—145.
- Крауклис А. А., Войлошников В. А., Злобина Э. М., Кремер Л. К., Медведев Ю. О., Хисматуллин Ш. Д. Сезонный ритм темнохвойной тайги Нижнего Приангарья.— «Доклады Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1967, вып. 14, с. 18—33.
- Крауклис А. А., Дружинина Н. П. Некоторые итоги и перспективы моделирования элементарных геосистем. Иркутск, 1975, с. 7—31.
- Крауклис А. А., Медведев Ю. О. Опыт сопряженного геоботанического и ландшафтного картографирования в крупном масштабе.— В кн.: Крупномасштабное картографирование растительности. Новосибирск, 1970, с. 26—55.
- Крауклис А. А., Михеев В. С. Ландшафтные карты, их содержание, назначение и структура.— В кн.: Картографические методы комплексных географических исследований. Иркутск, 1965, с. 21—37.
- Крауклис А. А., Михеев В. С., Бачурин Г. В. Программные и методические вопросы изучения природных режимов тайги.— В кн.: Информационный бюллетень Научного совета по комплексному освоению таежных территорий. Вып. 4. Иркутск, 1969, с. 15—32.
- Кремер Л. К. Микроклиматические закономерности.— В кн.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975.
- Кремер Л. К., Крауклис А. А. Температура воздуха и почвы в некоторых таежных фациях Приангарья.— В кн.: Топологические особенности тепла, влаги, вещества в геосистемах. Иркутск, 1970, с. 4—8.
- Крхо Я. Структура и пространственная дифференциация физико-географической сферы как кибернетической системы.— В кн.: Новые идеи в географии. Т. 1. Проблемы моделирования и информации. М., 1976.
- Куракова Л. И. Антропогенные ландшафты. М., 1976. 216 с.
- Лавренко Е. М. О фитогеосфере.— «Вопросы географии», 1949, сб. 15.
- Лавренко Е. М., Дылис Н. В., Носова Л. М. Сеть станций и стационаров.— В кн.: Современное состояние и перспективы развития биогеоценотических исследований. Петрозаводск, 1976, с. 100—110.
- Ландшафтная индикация природных процессов. М., 1976. 208 с.
- Ландшафтный сборник. Тбилиси, 1972. 170 с.



- Лиханов Б. Н., Хаустова М. Н. Физико-географические различия Красноярского края.— В кн.: Природные условия Красноярского края. М., 1961, с. 24—52.
- Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта, масштаб 1:2,5 млн. М., 1976.
- Леса Дальнего Востока. М., 1969. 391 с.
- Лисичкин В. А. Теория и практика прогностики. М., 1972. 224 с.
- Малых Г. И., Медведкова Э. М. Опыт изучения пространственно-временных особенностей лесозаготовительной промышленности.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1974, вып. 44, с. 42—50.
- Мамай И. И. Методы ландшафтных исследований и ландшафтный принцип изучения природы.— В кн.: Ландшафтоведение. М., 1972, с. 29—41.
- Марков К. К. География сегодня и завтра.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1972, № 3, с. 12—17.
- Марков К. К., Добродеев О. П., Симонов Ю. Г., Суетова И. А. Введение в физическую географию. М., 1973. 184 с.
- Марков М. В. Экспериментальное изучение взаимоотношений между растениями в растительном сообществе.— В кн.: Экспериментальная геоботаника. Казань, 1965, с. 9—89.
- Математические методы в географии. Казань, 1976. 352 с.
- Медведев Ю. О. Некоторые фитоценоотические и динамические особенности темнохвойной тайги.— В кн.: Южная тайга Приангарья. Л., 1969.
- Медведев Ю. О. К фитоценологии темнохвойной тайги Нижнего Приангарья (структура и организация растительного покрова таежных ландшафтов высоких равнин Нижнего Приангарья). Автореф. канд. дис. Иркутск, 1972. 25 с.
- Мелехов И. С. Лесная пирология и ее задачи.— В кн.: Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. М., 1965.
- Месарович М. Точка зрения теоретика.— В кн.: Теория систем и биология. М., 1971, с. 90—128.
- Миллер Г. П. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Львов, 1974. 204 с.
- Мильков Ф. Н. К вопросу о существовании ландшафтной сферы Земли и о месте ландшафтоведения в системе физико-географических наук.— «Науч. докл. высш. шк. Геол.-геогр. науки», 1959, № 1.
- Мильков Ф. Н. Парагенетические ландшафтные комплексы.— В кн.: Науч. зап. Воронежск. отд. ВГО. Воронеж, 1966, с. 3—7.
- Мильков Ф. Н. Ландшафтная сфера Земли. М., 1970а. 207 с.
- Мильков Ф. Н. Словарь-справочник по физической географии. М., 1970б.
- Мильков Ф. Н. К современному состоянию проблемы физико-географического районирования.— «Землеведение. Новая серия», М., 1976. Т. 11 (51), с. 23—35.
- Минц А. А., Преображенский В. С. Системная ориентация в географических исследованиях.— В кн.: Тезисы симпозиума по теоретическим проблемам географии. Рига, 1973, с. 21—26.
- Михайлов Н. И. Основные методы крупномасштабного ландшафтного районирования.— «Учен. зап. Латв. ун-та. Геогр. науки», 1960, т. 4, № 3, с. 35—41.
- Михайлов Ю. П. Предисловие.— В кн.: Изучение таежной биоты. Иркутск, 1973, с. 3—5.
- Михайлов Ю. П. О системном подходе в географии и термине «геосистема».— В кн.: Теоретические проблемы географии. Рига, 1976.
- Михеев В. С. Верхнекарская котловина. Опыт топологического изучения ландшафта. Новосибирск, 1974. 144 с.
- Модели в географии. М., 1971. 380 с.
- Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975. 148 с.
- Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. М., 1971. 275 с.
- Морозов Г. Ф. Учение о лесе. Л., 1949. 456 с.
- Муравейский С. Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов.— «Вопр. геогр.», 1948, вып. 9, с. 95—110.

- Мухина Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. М., 1973. 96 с.
- Мухина Л. И. Оценка природного комплекса как мера отношений к нему.— В кн.: География и математика. Тарту, 1974, с. 54—55.
- Налимов В. В., Голикова Т. И. Логические основания планирования экспериментов. М., 1976. 128 с.
- Напрасников А. Т. Тепло- и влагообеспеченность Забайкалья и некоторые проблемы мелиорации земель. Автореф. канд. дис. Иркутск, 1970.
- Нееф Э. Теоретические основы ландшафтоведения. М., 1974. 220 с.
- Нечаева Н. Т., Гунин П. Д. Современное состояние и перспективы биогеоценотических исследований в аридной зоне СССР.— В кн.: Современное состояние и перспективы развития биогеоценотических исследований. Петрозаводск, 1976, с. 62—81.
- Неуструев С. С. Элементы географии почв. М.—Л., 1930. 240 с.
- Николаев В. А. О возрасте ландшафтов.— «Вестн. Моск. ун-та. Серия V. География», 1976, с. 45—50.
- Одум Ю. Основы экологии. М., 1975. 740 с.
- Основы лесной биогеоценологии. М., 1964. 574 с.
- Парсон Р. Природа предъявляет счет. М., 1969. 566 с.
- Первухин М. А. Ландшафтоведение в СССР.— «Землеведение», 1938, т. 40, вып. 1, с. 66—82.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1975. 342 с.
- Перчик Е. Н. Районная планировка. М., 1973. 272 с.
- Плохинский Н. А. Биометрия. Москва, 1970. 368 с.
- Полынов Б. Б. Учение о ландшафтах.— «Вопросы географии», 1953, сб. 33.
- Полынов Б. Б. Избранные труды. М., 1956. 751 с.
- Попов П. Возможности моделирования взаимосвязей между природно-территориальными и производственно-территориальными системами.— В кн.: Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975, с. 54—60.
- Преображенский В. С. Ландшафтные исследования. М., 1966. 128 с.
- Преображенский В. С. О системе методов общей физической географии.— В кн.: Методы ландшафтных исследований. М., 1969, с. 7—34.
- Преображенский В. С. Беседы о современной географии. М., 1972а. 168 с.
- Преображенский В. С. Континуальность и дискретность ландшафтной оболочки.— В кн.: Актуальные вопросы советской географической науки, 1972б, с. 217—219.
- Преображенский В. С., Александрова Т. Д. Эволюция графических моделей геосистем.— В кн.: Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975, с. 39—53.
- Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975. 280 с.
- Природные режимы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск, 1977.
- Природные режимы степей Минусинской котловины. Новосибирск, 1976.
- Протопопов В. В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск, 1975. 328 с.
- Пузаченко Ю. Г. Теорема Котельникова в географии.— В кн.: География и математика. Тарту, 1974, с. 56—58.
- Пузаченко Ю. Г., Скулкин В. С. Топологические основания выделения систем в географических науках.— В кн.: Системные исследования природы. М., 1977, с. 37—54. (Вопросы географии, сб. 104).
- Раман К. Пространственная полиструктурность топологических геокомплексов и опыт ее выявления в условиях Латвийской ССР. Рига, 1972. 48 с.
- Раман К. Г. Опыт сопоставления интерпретации понятия «ландшафт» в связи с выявлением его зрительной функции.— «Учен. зап. Латв. ун-та. Вып. 186», Рига, 1973, с. 94—126.
- Раменский Л. Г. О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии.— «Сов. бот.», 1935.



- Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М., 1938. 620 с.
- Раменский Л. Г. Избранные работы. (Проблемы и методы изучения растительного покрова). Л., 1971. 334 с.
- Резолюция симпозиума «Топология геосистем-71». Иркутск, 14—18 сентября 1971 г.— «Докл. ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1971, вып. 32, с. 64—67.
- Ретеюм А. Ю. О геокомплексах с односторонним системообразующим потоком вещества и энергии.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1971, № 5, с. 122—128.
- Ретеюм А. Ю. Физико-географическое районирование и выделение геосистем.— В кн.: Количественные методы изучения природы. М., 1975.
- Ретеюм А. Ю., Дьяконов К. Н., Куницын Л. Ф. Взаимодействие техники с природой и геотехнические системы.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1972, № 4, с. 46—55.
- Рихтер Г. Д. Ярусность географической оболочки.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1975, № 2, с. 6—12.
- Роде А. А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М., 1947. 142 с.
- Роде А. А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом.— В кн.: Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М., 1976, с. 5—33.
- Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.—Л., 1965. 253 с.
- Родин Л. Е., Ремезов Н. П., Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики биологического круговорота в фитоценозах. Л., 1968.
- Розенберг В. А. Природа и основы использования пихтово-еловых лесов Сихотэ-Алиня.— В кн.: Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока. Ч. 1. Хабаровск, 1972, с. 43—45.
- Розенберг В. А., Манько Ю. И., Васильев Н. Г. Основные особенности размещения и динамики лесов Приморья и Приамурья.— В кн.: Проблемы типологии и классификации лесов. Свердловск, 1972.
- Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы. М., 1972. 223 с.
- Рябчиков А. М., Миланова Е. В. О выборе местоположений станций глобального мониторинга.— «Вестн. Моск. ун-та. Сер. V. География», 1976, № 6, с. 69—77.
- Ряшин В. А. Основные природные особенности таежной части юга Средней Сибири.— В кн.: Климат и воды юга Восточной Сибири. Иркутск, 1966, с. 6—15.
- Ряшин В. А., Белов А. В. Среднемасштабное ландшафтное картографирование как основа для создания мелкомасштабных ландшафтных карт (на примере южной тайги Средней Сибири и прилегающих к ней территорий).— В кн.: Картографические методы комплексных географических исследований. Иркутск, 1965, с. 38—62.
- Саушкин Ю. Г. Русская ландшафтно-географическая наука.— В кн.: В. В. Докучаев. Учение о зонах природы. М., 1948, с. 3—10.
- Саушкин Ю. Г. История и методология географической науки. М., 1976.
- Саушкин Ю. Г. Теоретические проблемы географической науки в свете решений XXV съезда КПСС.— «Вестн. Моск. ун-та. Сер. V. География», 1977, № 1, с. 3—9.
- Саушкин Ю. Г., Смирнов А. М. Геосистемы и геоструктуры.— «Вестн. Моск. ун-та. Сер. V. География», 1968, № 5, с. 3—12.
- Семенов Ю. М. Дифференциация вещества в степных геосистемах (на примере Харанорской степи). Автореф. канд. дис. Иркутск, 1977, с. 1—20.
- Сетров М. И. Основы функциональной теории организации. Л., 1972. 162 с.
- Смирнова Е. Д. Изучение природных условий в районной планировке.— В кн.: В помощь проектировщику-градостроителю. Тема 1. Районная планировка. Киев, 1969, с. 20—23.
- Снытко В. А. Геохимия южнотайжных фаций.— В кн.: Южная тайга Приангарья. Л., 1969, с. 120—165.

- Снытко В. А., Щетников А. И. Динамика и взаимосвязи почвенно-геохимических показателей южнотайжных темнохвойных фаций.— В кн.: Сибирский географический сборник. Новосибирск, 1975, с. 105—146.
- Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976.
- Солищев Н. А. О морфологии природного географического ландшафта.— «Вопр. геогр.», 1949, № 16, с. 61—86.
- Солищев Н. А. Некоторые теоретические вопросы динамики ландшафта.— «Вестн. Моск. ун-та. Сер. V. География», 1963, № 2, с. 50—55.
- Солищев Н. А. Перспективы советского ландшафтоведения и его практическое значение.— В кн.: Советская география в период строительства коммунизма. М., 1963, с. 77—85.
- Солищев В. Н. О некоторых фундаментальных свойствах геосистемной структуры.— В кн.: Методы комплексных исследований геосистем. 1974, с. 26—36.
- Солищев В. Н. О трудностях внедрения системного подхода в физическую географию.— В кн.: Системные исследования природы. М., 1977.
- Сочава В. Б. Исходные положения типизации таежных земель на ландшафтно-географической основе.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1962, вып. 2, с. 14—23.
- Сочава В. Б. Определение некоторых понятий и терминов физической географии.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1963, вып. 3, с. 50—59.
- Сочава В. Б. Онон-Аргунская степь как объект стационарных физико-географических исследований.— В кн.: Алкучанский Говин. М.—Л., 1964, с. 3—23.
- Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1967, вып. 18, с. 18—31.
- Сочава В. Б. Тайга как тип природной среды.— В кн.: Южная тайга Приангарья. Л., 1969а, с. 4—31.
- Сочава В. Б. Экспериментальные географические исследования и освоение тайги.— В кн.: Информационный бюллетень по комплексному освоению таежных территорий. Вып. 4. Иркутск, 1969б, с. 5—14.
- Сочава В. Б. География и экология. Л., 1970. 24 с.
- Сочава В. Б. Учение о геосистемах — современный этап комплексной физической географии.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1972, № 3.
- Сочава В. Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах.— В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, 1974.
- Сочава В. Б. Вводное слово.— В кн.: Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975а, с. 3—6.
- Сочава В. Б. Учение о геосистемах. Новосибирск, 1975б. 40 с.
- Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978. 318 с.
- Сочава В. Б., Бачурин Г. Н., Воробьев В. В., Михайлов Ю. П., Прохоров Б. Б., Шоцкий В. П. Проблемы Субарктики на территории СССР.— «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», 1972, № 4, с. 38—42.
- Сочава В. Б., Крауклис А. А. Ландшафтные исследования таежных территорий (задачи, методы, перспективы).— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1964, вып. 5, с. 33—37.
- Сочава В. Б., Крауклис А. А., Михеев В. С. Динамика ландшафта и представление об эпифации.— В кн.: VII совещание по вопросам ландшафтоведения. Пермь, 1974, с. 7—10.
- Сочава В. Б., Крауклис А. А., Снытко В. А. К унификации понятий и терминов, используемых при комплексных исследованиях ландшафта.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1974, вып. 42.
- Сочава В. Б., Кугелевичус И. Б., Лиопо Т. Н. Метод комплексной ординации и принципы количественной оценки природных режимов.— В кн.: Топология степных геосистем. Л., 1970, с. 27—44.
- Сочава В. Б., Михеев В. С., Ряшин В. А. Обзорное ландшафтное картографирование на основе интеграции элементарных геосистем.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1966, вып. 10, с. 9—22.



- Сочава В. Б., Тимофеев Д. А. Физико-географические области Северной Азии.— «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока», 1968, вып. 19, с. 3—19.
- Стационарные исследования в пихтово-еловых лесах Сихотэ-Алиня. Владивосток, 1975. 176 с.
- Стодарт Д. Организм и экосистема как модели географических систем.— В кн.: Модели в географии. М., 1971, с. 212—236.
- Сукачев В. Н. Биогеоценология и фитоценология.— «Докл. АН СССР», 1945, т. 47, № 6, с. 447—449.
- Сукачев В. Н. О соотношении понятий «географический ландшафт» и «биогеоценоз». — «Вопр. геогр.», 1949, № 16, с. 45—60.
- Сукачев В. Н. Предисловие.— В кн.: Экспериментальная геоботаника. Казань, 1965, с. 3—8.
- Сукачев В. Н. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения.— В кн.: Программа и методика биогеоценологических исследований. М., 1966, с. 7—19.
- Терентьев П. В. Метод корреляционных плеяд.— «Вести. Ленингр. ун-та», 1959, № 9, вып. 2, с. 137—141.
- Толмачев А. И. К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. М.—Л., 1954. 156 с.
- Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, 1974. 294 с.
- Топология степных геосистем. Л., 1970. 174 с.
- Топчиев А. Г. Возможные направления моделирования геосистем.— В кн.: Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975, с. 64—72.
- Фалалеев Э. Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование. М., 1964. 166 с.
- Федина А. Е. Физико-географическое районирование. М., 1973. 196 с.
- Физико-географический атлас мира. М., 1964. 298 с.
- Физико-географическое районирование СССР. М., 1968. 576 с.
- Философская энциклопедия. Т. 5. М., 1970. 140 с.
- Формирование территориально-производственных комплексов Ангара-Енисейского региона. Новосибирск, 1975. 175 с.
- Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М., 1972. 424 с.
- Хаазе Г. К определению частных потенциалов природного пространства.— В кн.: Актуальные вопросы современной прикладной географии. Иркутск, 1976, с. 31—41.
- Хаттет П. Пространственный анализ в экономической географии. М., 1968.
- Харвей Д. Научное объяснение в географии. М., 1974. 503 с.
- Хисматуллин Ш. Д. Почвенный покров Ангара-Бирюсинского междуречья.— «Почвоведение», 1970, № 2, с. 30—43.
- Хисматуллин Ш. Д. Почвенно-гидрологический режим.— В кн.: Природные режимы и топогеосистемы приангарской тайги. Новосибирск, 1975.
- Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М., 1976. 368 с.
- Швырев В. С. Теория.— БСЭ. Т. 25. М., 1976, с. 434—436.
- Шоцкий В. П. Проблемы экономической оценки геосистем в планировании народного хозяйства и их значение в развитии современной экономической географии.— В кн.: Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск, 1974, с. 241—276.
- Эталонные участки природы тайги. Иркутск, 1973. 110 с. (Материалы IV расширенного заседания Научного совета СО АН СССР по комплексному освоению таежных территорий).
- Эшби У. Р. Конструкция мозга. Происхождение адаптивного поведения. М., Южная тайга Приангарья. Л., 1969. 268 с.
- Южная тайга Прииртышья. Новосибирск, 1976. 248 с.
- Ahti T., Hämet-Ahti L., Jalas J. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe.— «Ann. Bot. Fennici», 1968, vol. 5, N 3, p. 169—211.
- Barsch H. Landschaftsanalyse. T. 1, Potsdam, 1971. 86 S.
- Beiträge zur Klärung der Terminologie in der Landschaftsforschung. Leipzig, 1973. 28 S.

- Billwitz K. Zur Erfassung des landeskulturellen Zustands des Territoriums in der topischen Dimension.— «Pet. Geogr. Mitt.», 1976, H. 4, S. 277—284.
- Brockhaus ABC — Physik. T. 1. Leipzig, 1972. 900 S.
- Chorley R. J., Kennedy B. A. Physical Geography. A system approach. L., 1971. 370 p.
- Clements F. Dynamics of Vegetation. N. Y., 1949. 296 p.
- Clements R. C. Hammond Nature atlas of America. Mapplewood, New Jersey, 1973. 255 p.
- Das Gesicht der Erde. Bd 2. Leipzig, 1975. 908 S.
- Diderot D. Gedanken zur Interpretation der Natur. Philosophische Grundsätze über Materie und Bewegung. Leipzig, 1976. 101 S.
- Dingler H. Das Experiment. Sein Wesen und seine Geschichte. München, 1928. 264 S.
- Einführung in die Landschaftsanalyse. Potsdam, 1975. 122 S.
- Ellenberg H. Ziele und Stand der Ökosystemforschung.— In: Ökosystemforschung. Ergebnisse von Symposien der Deutschen Botanischen Gesellschaft und der Gesellschaft für Angewandte Botanik. Berlin — Heidelberg — New York, 1973. 280 S.
- Golte W. Öko-physiologische und phylogenetische Grundlagen der Verbreitung der Coniferen auf der Erde.— «Erdkunde», 1974, Bd 28, H. 2.
- Golte W. Ecological and phylogenetic bases of the distribution conifers on the Earth.— In: International Geography '76. Biogeography and Soil Geography. Section 4. Moskva, 1976, p. 17—19.
- Granö J. G. Reine Geographie.— «Acta geographica», Helsinki, 1929, Bd 2, N 2, S. 1—202.
- Haase G. Die topologische und chorologische Struktur des Naturraumes.— In: Topology of Geosystems-71. Irkutsk, 1971, p. 70—77.
- Haase G. Die Arealstruktur chorischer Naturräume.— «Pet. Geogr. Mitt.», 1976, H. 2, S. 130—135.
- Haase G. Ziele und Aufgaben der geographischen Landschaftsforschung in der DDR.— «Geogr. Berichte», 1977, H. 1, S. 1—19.
- Hägerstrand T. Geography and the study of interactions between nature and society.— «Geoforum», 1976, N 7, p. 329—334.
- Hämet-Ahti L., Ahti T., Koponen T. A scheme of vegetation zones for Japan and adjacent regions.— «Ann. Bot. Fennici», 1974, vol. 11, N 1.
- Hard G. Die Diffusion der «Idee der Landschaft». — «Erdkunde», 1969, Bd 23, H. 4, S. 249—263.
- Herz K. Theoretisch-methodologische Grundlagen.— In: Einführung in die Landschaftsanalyse. Potsdam, 1975, S. 8—12.
- Het Kromme — Rijnlandschap. Een ecologische visie. Amsterdam, 1974.
- Jäger E. Die pflanzengeographische Ozeanitätsgliederung der Holarktis und die Ozeanitätsbindung der Pflanzenareale.— «Rep. spec. nov. (Fedde)», 1968, Bd 79, S. 157—334.
- Jäger E. Die klimatische Bedingungen des Areals der Dunklen Taiga und der Sommergrünen Breitlaubwälder.— «Berichte d. Deutschen Bot. Ges.», 1969, Bd 81, H. 8, S. 397—408.
- Journaux A., Pelissier P., Raison J.-P., Verger F. Les tâches de la science géographique dans les conditions actuelles de la révolution scientifique et Technique.— «Geoforum», 1976, N 7, p. 335—342.
- Krauklis A. A. Factorial-dynamic rows of elementary geosystems as a basis for modelling natural regions.— In: International Geography 1972. V. 2. Montreal, 1972, p. 960—963.
- Lautensach H. Über die Erfassung und Abgrenzung von Landschaftsräumen.— In: C. R. Congr. Intern. Geogr. Vol. 11, sect. 5. Amsterdam, 1938.
- Lautensach H. Der Geographische Formenwandel. Studien für Landschaftssystematik. (Colloquium geographicum, Bd 3). Bonn, 1952. 191 S.
- Leser H. Landschaftsökologie. Stuttgart, 1976. 432 S.
- Man's impact on the global environment. Cambridge (Mass.) — London, 1970. 319 p.
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. V. 5. New York — Chicago — San Francisco — Dallas — Toronto — London, 1970. 595 p.



- Neef E. Die Stellung der Landschaftsökologie in der physischen Geographie.— "Geogr. Berichte", 1962, H. 4, S. 349—356.
- Neef E. Topologische und chorologische Arbeitsweise in der Landschaftsforschung.— "Pet. Geogr. Mitt.", 1963, H. 4, S. 249—259.
- Neef E. Zu einigen aktuellen Fragen der Erforschung der chorischer Strukturen.— "Pet. Geogr. Mitt.", 1975, H. 3, S. 166—172.
- Neef E., Schmidt G., Lauckner M. Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotopen in Nordwestsachsen. Berlin, 1961. 112 S.
- Numata M. Ecological evaluation of environment as a problem of ecotopology.— In: Topology of geosystems-1971. Irkutsk, 1971, p. 34—41.
- Orians G. W. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems.— In: Unifying concepts in ecology.— The Hague — Wageningen, 1975.
- Paffen K.-H. Die täglichen Temperaturschwankungen als geographisches Klimacharakteristikum.— "Erdkunde", 1966, Bd 20, H. 4, S. 252—265.
- Paffen K.-H. Das Verhältnis der tages- zur jahreszeitlichen Temperaturschwankung.— "Erdkunde", 1967, Bd 21, H. 2, S. 94—111.
- Passarge S. Physiologische Morphologie.— "Mitt. d. Geogr. Ges. Hamburg", 1912, Bd 26, S. 133—137.
- Passarge S. Vergleichende Landschaftskunde.— Bd I — IV. Berlin, 1921—1924.
- Ramans K. Par dažiem fiziski-ģeografiskās mikrorajonēšanas jautājumam Latvijas PSR teritorijā.— "LVU Zin. Raksti. Geogr. zin.", Rīga, 1956, 7. sēj., 1. 39—48.
- Richter H. Beitrag zum Modell des Geokomplexes.— In: Landschaftsforschung. (Neef-Festschrift). Gotha/Leipzig, 1968, S. 39—48.
- Rousseau J. La zonation latitudinale dans la péninsule Québec — Labrador. (Publications du Centre d'Etudes Arctiques et Antarctiques). Paris, 1961.
- Sauer C. The morphology of landscape.— "Geography. Univ. of Calif.", 1925, N 2, p. 20—53.
- Schmidt G. Ein Graphenmodell des Geokomplexes zur Veranschaulichung der Möglichkeiten für die anwendung mathematischer Methoden.— "Pet. Geogr. Mitt.", 1974, H. 2, S. 87—94.
- Schmithüsen J. Biogeographische Aspekte und Methoden in der Geosystem-Topologie.— In: Topology of Geosystems-71. Irkutsk, 1971, p. 24—29.
- Schmithüsen J. Allgemeine Geosynenergetik. Grundlagen der Landschaftskunde. Berlin — New York, 1976, 349 S.
- Schmithüsen J., Netzel E. Vorschläge zu einer internationalen Terminologie geographischer Begriffe auf der Grundlage des geosphärischen Synergismus.— "Geographisches Taschenbuch", 1962/1963, S. 283—286.
- Siren G. The development of spruce forest on raw humus sites in Northern Finland and its ecology.— "Acta Forest. Fennica", 1955, vol. 62.
- Snacken F. Integrated landscape research, some fundamental values and their application.— "Geogr. časopis", 1977, R. 29, č. 3, p. 209—225.
- Stugren B. Grundlagen der allgemeinen Ökologie. Jena, 1972. 223 S.
- Symposium "Topologie der Geosysteme 1971". Irkutsk, 14. bis 18. September 1971.— "Pet. Geogr. Mitt.", 1972, H. 2, S. 128—131.
- Troll C. Luftbildplan und ökologische Bodenforschung.— "Zeitschrift d. Ges. für Erdkunde zu Berlin", 1939, N 7/8, S. 241—298.
- Troll C. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung.— "Studium Generale", 1950, Jg. 3, S. 163—181.
- Troll C. Die dreidimensionale Landschaftsgliederung der Erde.— In: Hermann von Wissmann-Festschrift. Tübingen, 1962, S. 21—39.
- Troll C. Landschaftsökologie als geographisch-synoptische Naturbetrachtung.— In: Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochgebirgsforschung. Wiesbaden, 1963.
- Troll C., Paffen K.-H. Karte der Jahreszeitenklimate der Erde.— "Erdkunde", 1964, Bd 18, H. 1, S. 5—28.
- Webb K. E. The changing face of Northern Brazil. N. Y.—L., 1974. 205 p.
- Williams M. The making of the South Wales Landscape. London — Sydney — Auckland — Toronto, 1975, 271 p.
- Wright E. Landscape development forest fires, and wilderness management.— "Science", 1974, v. 186, N 4163, p. 487—495.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
Глава I. <i>Ландшафтоведение и ландшафтный метод</i> . . . . .	12
Предмет ландшафтоведения . . . . .	14
«Физиономическое» ландшафтоведение . . . . .	17
Картографический подход . . . . .	19
Учет времени . . . . .	20
Взаимосвязи в природном комплексе . . . . .	23
Антропогенный фактор . . . . .	27
Экологические принципы . . . . .	30
Моделирование и математизация . . . . .	34
Системное движение . . . . .	39
Экспериментальное ландшафтоведение . . . . .	44
Глава II. <i>Теоретические основы экспериментального ландшафтоведения</i> . . . . .	52
Три начала геосистемы . . . . .	53
Геосистемы и земная поверхность . . . . .	58
Локальные контрасты . . . . .	65
Ландшафтная фация как элементарная геосистема . . . . .	70
Переменные состояния фации . . . . .	80
Горизонтальное строение выдела фации . . . . .	87
Факторально-динамические ряды . . . . .	99
Глава III. <i>Опыт стационарного ландшафтного исследования</i> . . . . .	113
Ландшафтоведение и стационары . . . . .	113
Натурные модели . . . . .	118
Сезонная ритмика . . . . .	121
Пространственно-временная структура таежной местности . . . . .	131
Дифференциация флювиальных процессов . . . . .	133
Обнаженность минерального субстрата . . . . .	134
Локальные отток и накопление холода . . . . .	135
Смена поколений древостоя . . . . .	136
Топогеосистемы . . . . .	139
Опыт количественного описания полигона-трансекта . . . . .	147
Исходные данные . . . . .	148
Оценка сходства выделов фаций . . . . .	156
Сравнение признаков фаций . . . . .	160
Главные компоненты локального пространства . . . . .	162
Биотическая активность таежных геосистем . . . . .	166
Лесообразующие породы, возраст древостоя и запас фитомассы . . . . .	170



Топическая дифференцированность возрастного цикла пихтового древостоя . . . . .	174
Соотношение между накоплением и отмиранием растительной массы . . . . .	178
Общий анализ биогенной динамики таежных фаций . . . . .	181
Глава IV. Экспериментальное ландшафтоведение и проблемы освоения тайги . . . . .	187
Тайга в планетарной геосистеме . . . . .	188
Топические факторы в культурном ландшафте . . . . .	196
Перспективы применения результатов экспериментального ландшафтоведения . . . . .	204
Заключение . . . . .	211
Литература . . . . .	219

*Адольф Альбертович Крауклис*

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ**

Ответственный редактор  
*Виктор Борисович Сочава*

Редактор издательства *Т. П. Гришина*  
Художественный редактор *В. И. Желнин*  
Художник *А. И. Смирнов*  
Технический редактор *Н. М. Бурлаченко*  
Корректор *Н. К. Киреева*

ИБ № 10459

Сдано в набор 05.05.78. Подписано к печати 04.11.78. МН-04766. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага множительных аппаратов. Литературная гарнитура. Высокая печать. Услови. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 15,4. Тираж 1000 экз. Заказ № 137. Цена 2 р. 30 к.

Издательство «Наука» Сибирское отделение 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.

4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.