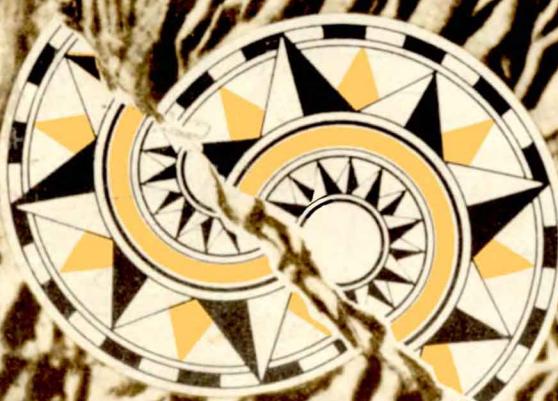


ПРИРОДА

8
1967



Стратегия жизни

Член-корреспондент АН СССР С. С. Шварц
Свердловск

ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА

МБП — эти три буквы все чаще появляются на страницах журналов и газет. Международная Биологическая Программа посвящена главной задаче современной биологии. Она заключается в изучении законов, определяющих биологическую продуктивность Земли.

Увеличивается население нашей планеты. Оно давно превысило 3 млрд. и стремительно возрастает. Однако еще быстрее растет сила воздействия человека на природу. Изменяется и форма этого воздействия. Подсчитано, что 3 млрд. современных людей по силе своего воздействия на природу эквивалентны 40 млрд. людей каменного века. Это не может не отразиться на биологической продуктивности нашей планеты. Задача науки состоит в том, чтобы сочетать развитие промышленности и интенсификацию сельского хозяйства — эти неизбежные спутники общественного прогресса — с неуклонным улучшением условий жизни человека на Земле.

Человек не может жить лишь в среде, которую создала для него природа. Она обеспечивает его продуктами питания и кислородом. Может ли человек современности или ближайшего будущего взять на себя (целиком или частично) эти функции природы? На первый взгляд кажется, что эта задача выполнима. Вопрос о химическом синтезе продуктов питания перекочевал со страниц популярных журналов в научную печать. Современная техника может прийти на помощь сельскому хозяйству и резко повысить его

эффективность. К тому же наша планета отнюдь еще не перенаселена. Комитет МБП недавно опубликовал интересную карту¹. Если вовлечь в хозяйственный оборот те необъятные территории, которые на этой карте кажутся пустыми (они в самом деле почти пусты, а две трети территории Земли — это «полуосвоенные» территории), и если заставить их давать сельскохозяйственную продукцию, то проблема питания будет решена. Это, конечно, трудно, но техника решает задачи и потруднее. Эти соображения не всегда высказываются и далеко не всегда четко формулируются, но, как правило, так или иначе кладутся в основу тех представлений, которые определяют бескомпромиссный примат технических проблем перед биологическими. Однако наши знания о законах природы становятся все более полными. Вместе с ними приходит убеждение в принципиальной ошибочности подобных представлений.

Начнем с конкретных примеров.

Перенесемся мысленно на Крайний Север. Передо мной интереснейшая книга двух натуралистов, Старкера и Фрейзера «Жизнь животных на Аляске»². В этой книге рассказывается о судьбе животных Севера. Особенно интересна судьба оленя. В конце прошлого века среди эскимосов-Аляски начали наблюдаться признаки белкового недоедания. Чтобы помочь им, доктор Шелдон, миссионер, добился завоза из Сибири северного оленя. С 1891 по 1902 гг. на Аляску было завезено

¹ См. «Природа», 1967, № 5, стр. 34.

² См. F. Starker a. D. Fraser. Wildlife in Alaska, Ronald Press Co, 1953.

1280 животных. Они быстро размножились, и в 1932 г. стадо тундрового оленя достигло 600 тыс. голов. Казалось бы, что «мясная проблема» была удачно решена. Однако, достигнув максимума, численность оленя начала катастрофически падать, и к 1952 г. от огромного стада осталось лишь 25 тыс. животных. Что же произошло? Летом олень кормится на неисчерпаемых тундровых пастбищах, зимой откочевывает к югу и питается лишайниками. Лишайники восстанавливаются медленно, десятилетиями. Размножившиеся олени полностью исчерпали свою зимнюю кормовую базу и были обречены на гибель. Эскимосам снова стал угрожать голод. Продолжение этой печальной истории можно найти в прекрасной книге Моуэта «Отчаявшийся народ».

Этот пример показывает, как легко можно подорвать воспроизводительные силы природы. Для их восстановления нужны десятилетия, иногда века.

На Мадагаскаре, например, решено было создать обширные плантации сахарного тростника и кофейного дерева. Вырубили леса. В результате — эрозия почвы, на громадных территориях нет ни лесов, ни плантаций.

А вот еще пример из сельскохозяйственной практики. Знаменитый препарат ДДТ спас миллионы гектаров посевов от вредителей. Если бы препаратам ставили памятники, ДДТ заслужил бы такой памятник. Но не будем с этим торопиться: посмотрим, как развиваются события, взглянем на обратную сторону медали. ДДТ стал проникать всюду: он отправил рыбу в реках, птиц в лесу, он обнаружен даже в подкожном слое жира у пингвинов. Мощный фактор среды не может не вызывать контрприспособлений со стороны живых существ. Возникают ядостойкие расы насекомых и других животных (есть уже и ядостойкие лягушки!). Не выпустили ли мы джинна из бутылки, с которым теперь не просто будет справиться? А джинн-то опасный. Журнал «Канадский натуралист» в 1963 г. опубликовал исследования, проведенные с помощью электронно-вычислительной техники. Машина утверждает, что борьба с вредителями лесного хозяйства химическими средствами ведет к повышению ядостойкости насекомых в 10—35 раз. А как отражается новый химический фактор среды на человеке? Об этом надо серьезно подумать.

Еще более сильное (нередко — непоправимое) воздействие может оказаться на природу индустриализация. Недаром термин «промышленная пустыня» стал довольно обыч-

ным в наши дни. Нет нужды приводить примеры. Они известны даже не из научной литературы — из газет. Нерадивый и неумный директор завода спустил отбросы в реку, в результате погибла рыба. Не работают газоочистительные сооружения — увеличилась загазованность воздуха — засохли деревья.

Английский исследователь М. Томас опубликовал в 1965 г. интересные данные¹, где указывает, что загрязнение воздуха соединениями серы в городских районах Англии — одна из главных причин астмы, бронхитов, рака легких. В декабре 1952 г. «промышленный туман» явился причиной смерти более 4 тыс. человек в одном только Лондоне. В некоторых районах промышленные газы содержат в недозволенном количестве соединения мышьяка (его содержание в промышленной пыли доходит до 1%). По данным того же автора, медеплавильные заводы Монтаны ежедневно выбрасывают в воздух свыше 2 тыс. т соединений серы и 30 т мышьяка. Это ведет к гибели деревьев в радиусе 25 км. Неумное использование современной науки и техники может привести к еще большим бедствиям.

Журнал «Тайм» в 1962 г. опубликовал статью, обсуждающую возможность прокладки нового Панамского канала с помощью атомных взрывов. Американский биолог Коул (Cole, 1966) пишет по этому поводу, что реализация подобного проекта привела бы к тому, что продукты океана вообще нельзя было бы использовать в пищу ни нам, ни нашим внукам.

Сказанное, конечно, не следует понимать в том смысле, что не нужно окультуривать «дикие» земли, не нужно стремиться обогащать фауну и флору полезными видами, не нужно использовать химию в борьбе с нашими врагами из мира животных. Все это необходимо и еще долго будет необходимым. Но все это нужно делать на основе знаний законов жизни природных сообществ растений и животных. Более того, все это можно делать только на основе точных представлений о законах, по которым живет и развивается живая природа. Надо знать эти законы. В противном случае самые благие намерения приведут к печальным последствиям.

Последнее постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о борьбе с эрозией почв может служить образцом научного подхода к использованию природных богатств.

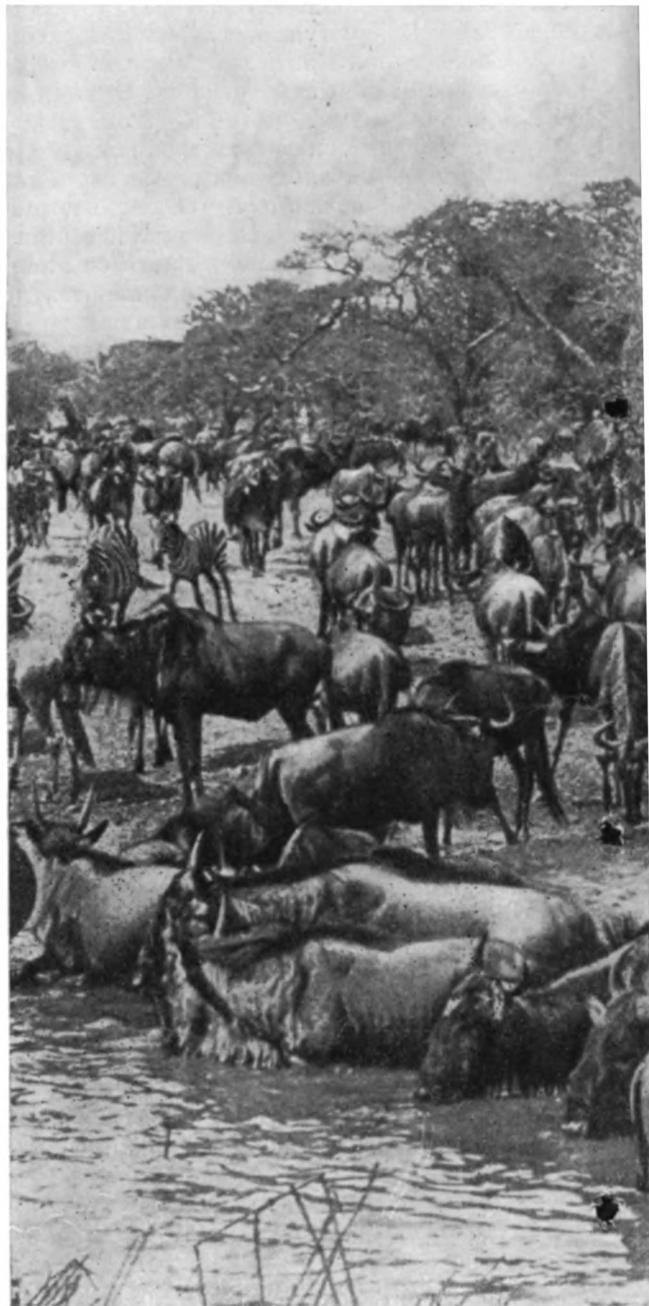
¹ См. M. Thomas. The effects of air pollution on plants and animals. «Ecol. and Industr. Soc.», Oxford, 1965.

То же самое можно сказать о влиянии промышленности на живую природу. Отказаться от современной техники? Конечно же, нет. Использовать современную технику для того, чтобы повысить производительность земли, заставить ее плодоносить больше и лучше! Что для этого нужно сделать? Прежде всего понять, что жизнь в ее совокупности (не жизнь отдельных индивидов, клеток и тканей, а жизнь как целое) существует и развивается по строгим биологическим законам. Эти законы нельзя нарушать, их нельзя обойти. Вот эту-то простейшую истину сейчас и приходится доказывать. Всем ясно, что нельзя заставить жить организм, лишив его сердца, но не всем еще ясно, что и комплекс организмов погибнет, если лишить его хотя бы одной из тех составных частей, которые обеспечивают работу целого.

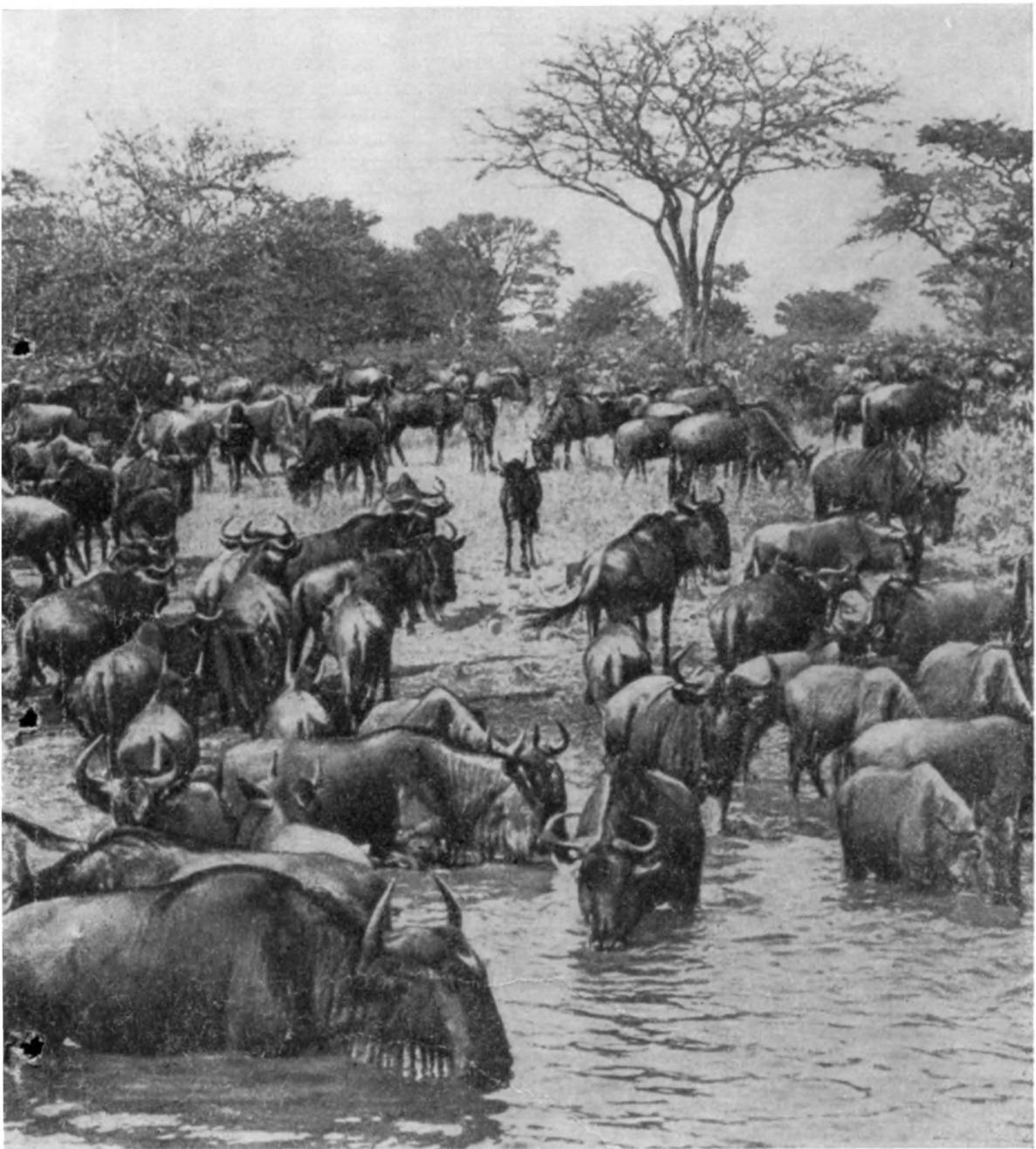
Эта часть статьи написана вовсе не для того, чтобы еще раз привлечь внимание к тем последствиям, которые влечет за собой пре-небрежительное отношение к законам природы. Просто важно было выделить главную задачу биологии. Ее очень удачно сформулировал старейшина современной экологии Ч. Элтон. Эта задача — теория создания и изменения природы. Частью этой теории является учение В. Н. Сукачева о биогеоценозе. В самом деле, человек не может не оказывать на природу сильнейшего влияния. Промышленность развивается и будет развиваться. Сельское хозяйство будет интенсифицироваться. Все большие территории и акватории Земли будут изменены человеком. Человек будущего не сможет мириться с вредителями и переносчиками заболеваний. Изменение природных комплексов при этом неизбежно. Именно потому, что все эти процессы неизбежные, вытекающие из объективных законов общественного развития, одна из главных задач современной науки и заключается в том, чтобы научиться поддерживать оптимальный режим работы природы в измененных условиях. Лозунг «назад к природе» никогда не был прогрессивным. Рациональное преобразование природы, основанное на изучении законов ее развития, позволяет сочетать интересы развития экономики с задачами оптимизации условий жизни человека на Земле.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Жизнь основана на использовании солнечной энергии. Зеленые растения в процессе



По использованию первичной продукции фотосинтеза создают из углекислоты воздуха, воды и минеральных веществ почвы первичную органическую продукцию, они — продуценты. Растениями питаются животные — они консументы. Бактерии разлагают органическое вещество, созданное растениями и животными, и возвращают поч-



рекордсменами можно считать крупных травоядных млекопитающих

Фото Б. Гржимека

все необходимые для питания растений вещества, они — редуценты. Так осуществляется великий круговорот вещества и энергии в природе.

Годовая продукция органического вещества, создаваемого растениями, громадна.

Перед нами большое дерево. Проекция его кроны на почву — 150 м^2 . В своем арсенале оно имеет 800 тыс. листьев. Их внутренняя, фотосинтезирующая поверхность превышает 150 тыс. м^2 . Это дерево перерабатывает в час около 2,5 кг углекислоты (такое

количество углекислого газа содержится в 5 тыс. m^3 воздуха, примерно как в 10 одноквартирных домах сельского типа) и около 1 кг воды, используя при этом 6075 ккал солнечной энергии для синтеза 1600 г глюкозы. 25 m^2 поверхности листьев за солнечный день дает столько кислорода, сколько нужно человеку в сутки. Кажется, что забота о кислороде может встать как актуальная проблема лишь перед нашими далекими потомками. Но приведенные нами цифры характеризуют работу дерева в нормальных условиях. Прямые опыты, проведенные в Англии в районе Манчестера, показали, что загрязнение воздуха тормозит рост растений в 2 раза, а в некоторых индустриальных районах энергия фотосинтеза снижается в 10 раз. И вот результат. Уже упоминавшийся американский исследователь Коул в статье под интересным названием «Экосистема человека» пишет о том, что промышленность США потребляет больше кислорода, чем может дать растительность этой громадной страны. Это не значит, конечно, что кислородный голод уже наступает. Нет, безусловно. Ведь рядом дышит океан, рядом дышат безбрежные леса Амазонки. Но все-таки это сигнал, и сигнал опасный.

До сих пор мы почти все внимание уделяли растениям. Это в известной степени оправдано, ведь именно они — продуценты. Однако без животных растения тоже не могли бы существовать, так как буквально задохнулись бы в собственных продуктах жизнедеятельности. Для того чтобы сообщества обладали устойчивостью, необходимы (одинаково необходимы!) все три компонента — производители, консументы и редуценты.

Животные используют доступную им энергию уже с большей эффективностью: к.п.д. их работы колеблется между 5—10 %, а у некоторых хищных животных даже около 30 %. Для того чтобы представить себе, какую работу совершают при этом животные, ограничимся одним примером. Автор этих строк подсчитал, что птицы земного шара за один только день перерабатывают около 10 млрд. кг органического вещества. Конечно, подобные расчеты не могут претендовать на большую точность, но порядок величин определен верно.

Из сопоставления цифр, которые характеризуют к. п. д. различных живых существ, становится очевидным, что общая эффективность работы растительно-животных сообществ определяется не только свойствами от-

дельных видов, но прежде всего свойствами сообществ как единого целого.

Для того чтобы представить себе всю сложность даже простейших сообществ организмов, достаточно нескольких примеров. 1 г лесной почвы — это целый мир живых существ. В нем насчитывается около 100 тыс. водорослей, 1 млн. плесневых грибков, 15 млн. грибков-актиномицетов, несколько миллиардов бактерий. Даже если забыть о существах микроскопически малых, то и тогда количество животных, населяющих почвы, почвы, растительные заросли, определяется астрономическими величинами. В верхнем слое 1 га лесной почвы встречается около 250 млн. беспозвоночных животных, не считая простейших. Подсчитано, что число живых существ в 1 m^3 почвы нередко восходит к квинтилиону.

Еще важнее, однако, то, что все эти живые организмы относятся ко многим видам. Только одних животных видов на 1 га поверхности почвы насчитывается обычно несколько сот. В тропиках число совместно обитающих организмов исчисляется тысячами. Каждый из этих видов обладает своими физиологическими особенностями, своеобразными отношениями к среде обитания, и все они находятся в сложнейших отношениях между собой. Поэтому не трудно себе представить, что законы, которым подчиняется жизнь окружающих нас природных комплексов, кажущиеся нам такими привычно-простыми, — эти законы не менее сложны и не менее строги, чем законы, управляющие жизнью клеток и организмов. Эти законы изучает экология и биогеоценология — науки о биологических макросистемах. По существу главной задачей этих наук является исследование взаимосвязей явлений в природе.

В наиболее общей форме идея о взаимосвязи явлений и процессов в природе выражена в учениях В. И. Вернадского о биосфере и В. Н. Сукачева о биогеоценозах.

Для того чтобы составить представление о сущности одного из центральных понятий современной биологии — биогеоценозе, лучше всего предоставить слово автору этого учения¹. В. Н. Сукачев в статье, опубликованной за несколько месяцев до его кончины, пишет следующее:

¹ См. В. Н. Сукачев. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения. В книге: «Программа и методика биогеоценологических исследований». Изд-во «Наука», 1966.

«В состав биогеоценоза входят следующие его компоненты: атмосфера, горная порода, вода, животный и растительный мир и микроорганизмы.

Горная порода под влиянием атмосферных факторов (нагрева, колебаний температур, действия осадков, движения воздуха и пр.) изменяется физически и химически, как говорят, выветривается. С другой стороны, и слои атмосферы, входя в контакт с горной породой, изменяют свою температуру, состав и влажность. Уже первое поселение микроорганизмов, находясь для себя на этой горной породе средства для существования и асимилируя воду и минеральные вещества, вызывает новые химические реакции в этой породе и ее, а также и воду изменяет в той или другой мере. Далее под влиянием приноса ветром, водой и животными семян высших растений на поверхности уже измененной, выветрившейся горной породы развивается растительность, которая своими корнями и их выделениями, а также разлагающимися под влиянием микроорганизмов продуктами своего отмирания еще более изменяет горную породу, обогащает ее гумусом и вообще меняет ее химические и физические свойства. Если растительность при первоначальном поселении имела в своем распоряжении одни условия существования, то с течением времени, изменив свойства горной породы и приземного слоя атмосферы (его состав, влажность, движение воздуха и т. д.), она сама меняется. Животный мир, заселяя этот участок территории, будучи сам зависим от растительности и других особенностей своего местообитания, вносит своей деятельностью изменение и в поверхностные, как мы видели уже, в значительной степени измененные, верхние слои горной породы. На ее поверхности создается новое, как говорил академик В. И. Вернадский, биокосное вещество, почва. Если количество падающих на поверхность почвы остатков растений и животных значительно и не успевает быстро разложиться, то эти остатки накапливаются, в них создаются особые условия для существования микроорганизмов (бактерий, грибов, водорослей) и низших животных, которые участвуют также в переработке этих остатков... Вместе с тем весь органический мир, завися в своем существовании от свойств атмосферы данного участка земли, в свою очередь ее сильно меняет выделениями растениями кислорода и углекислоты, животными — углекислоты, а в совокупности ими — разнообразных газообразных и жидким

веществ, а также воздействует на движение воздуха».

Биогеоценология отвечает на вопрос: как проявляется основной закон жизни — непрерывный обмен вещества и энергии — на уровне природных комплексов. В настоящее время идея о превращении вещества и энергии в биогеоценозе становится в биологии одной из центральных. Биогеоценозы — это те элементарные природные лаборатории, которые обладают достаточной стабильностью для поддержания непрерывности обмена энергии в изменяющихся и постоянно колеблющихся условиях среды. Совокупность биогеоценозов Земли образует биосферу.

КАК РАБОТАЮТ БИОГЕОЦЕНОЗЫ

Конкретное представление о продуктивности биогеоценозов дают следующие примеры.

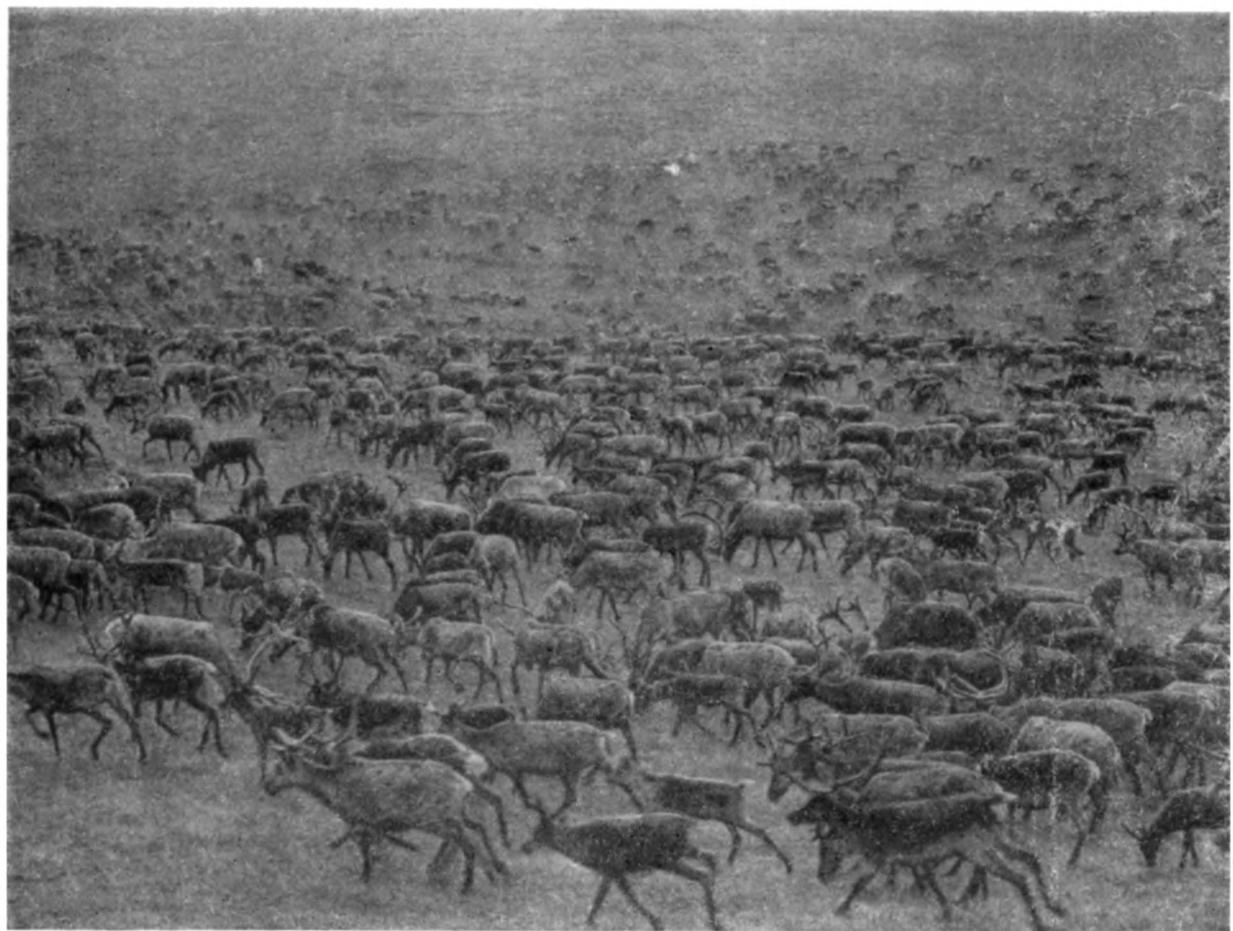
Масса растений (их биомасса) колеблется от 200 до 1 000 000 кг/га. Биомасса животных неизмеримо меньше: у насекомых она колеблется от 7 до 200, у птиц — от 0,005 до 1,3, у травоядных млекопитающих — от 0,05 до 250 кг/га. Между этими крайними показателями продуктивности отдельных групп организмов существует трудно обозримый ряд переходов. Обычно в тропических и субтропических лесах биомасса больше, но из этого правила существует много исключений. Наибольшая масса насекомых зафиксирована в саваннах Западной Африки (до 200 кг/га), птиц — в лесах умеренной зоны. Травоядные млекопитающие наиболее обильны также в африканских саваннах, но высокие показатели биомассы указываются и для канадских тундр (8 кг/га), европейских лесов умеренной зоны (5 кг/га), американских прерий (35 кг/га), закаспийских степей (3,5 кг/га). Во многих случаях общая биомасса животных определяется численностью доминирующего вида. Высокая биомасса животных в тундре наблюдается там, где многочислен северный олень, в прериях — где еще сохранился бизон, в наших степях — там, где многочислен сайгак. Однако особо высокая биомасса наблюдается в тех биогеоценозах, где высокой численности достигают виды, которые в своей совокупности образуют хорошо сбалансированное сообщество. Надо здесь же отметить (к этому вопросу мы еще вернемся), что специализированные виды обладают способностью давать много биологической продукции даже в очень суровых условиях среды, находясь, как иногда говорят, на краю жизни. Лучший пример тому — северный олень.

Чем же определяется роль различных живых существ в энергетике биогеоценоза в целом? На этот вопрос можно ответить путем анализа силы воздействия разных групп животных на растительный покров. Естественно, что это влияние определяется экологическими особенностями отдельных видов, разнообразие которых практически необозримо. Полезно поэтому показать, что в этой необозримости можно разобраться: сила воздействия животных на растения определяется особенностями их энергетического обмена. Мы остановимся на этом вопросе с некоторой подробностью, чтобы показать, что изучение живой природы уже привело к формулированию некоторых общих положений, которые позволяют создать теорию поведения отдельных видов в сообществе, а следовательно, и предвидеть это поведение. Естественно, что на этой

основе может быть разработана и теория управления жизнью сообществ.

Сравним три группы животных по их роли в биогеоценозе: крупных травоядных млекопитающих, мелких млекопитающих (грызунов) и насекомых — по нескольким важнейшим показателям.

Первый показатель — коэффициент использования первичной продукции (растений). В этом отношении рекордсменами можно считать крупных травоядных млекопитающих. Они способны употребить в корм до 60 % первичной продукции биогеоценоза, грызуны же и насекомые — не более 10 % (лишь во время вспышек их численности — до 30 %). Однако мало получать корм, надо его еще с эффективностью использовать для построения собственного тела и для поддержания жизнедеятельности. Коэффициент ассимиляции корма у



Высокая биомасса животных в тундре наблюдается там, где многочислен северный олень
Фото ТАСС



Огромные территории земного шара занимают бесплодные пустыни

Фото Б. Гржимека

грызунов обычно превышает 80 %, у крупных млекопитающих лишь в редких случаях достигает 60 %, у насекомых — 30 %.

Совсем другое представление возникает об относительной роли сравниваемых групп животных, если учесть последний, самый важный показатель. Насекомые свыше 30 % ассимилированной энергии используют для построения биомассы своего тела, млекопитающие же — не более 2 %. Очень интересно, что этот показатель почти одинаков у всех млекопитающих: у мыши — 1,8, у слона — 1,4. Это объясняется тем, что обмен веществ крупных животных более экономный, но энергия роста и размножения мелких зверьков неизмеримо выше, чем у их крупных сородичей.

Интенсивность обмена веществ определяет не только различную роль в биогеоценозе крупных групп животных, но и различия между довольно близкими родственниками. На VI Конгрессе по вопросам питания, который состоялся в Эдинбурге в 1964 г., были

представлены материалы, показывающие, что участок степного травостоя, способный прокормить лишь 10 овец, обеспечивает питанием 19 верблюдов (8500 кг). И верблюд, и овца хорошо приспособлены к засушливому климату, но обмен веществ верблюда экономнее. Этим и объясняется более полноценное использование им пастбищ.

Однако во многих случаях не меньшее значение имеют и специальные приспособления. Во время засух в Австралии происходит массовая гибель ягнят. Даже если засуху сменят дожди, размножение овец не возобновляется, они ждут нового сезона размножения. Иначе ведет себя в этих же условиях кенгуру. И у этих животных засуха вызывает гибель молодняка. Однако в половых путях самки сохраняется несколько запасных оплодотворенных яйцеклеток. Если первый детеныш погиб, с наступлением подходящей погоды (в данном случае — дождей) из запасной яйцеклетки развивается новый зародыш. Таким образом засуха может вызвать перерыв

воспроизводства стада кенгуру не на год (как у овец), а лишь на несколько недель или месяцев.

Подобных примеров можно было бы привести довольно много. Они ясно показывают, что биологические особенности отдельных видов определяют их различную продуктивность даже в одних и тех же условиях среды. Важно отметить, что продуктивность определяется и особенностями отдельных популяций одного и того же вида.

В 1965 г. мне довелось принять участие в работе Симпозиума по вторичной продуктивности биогеоценозов. Симпозиум проходил в окрестностях Абердина, и его участники имели возможность познакомиться с работой полевой станции по изучению шотландской белой куропатки (грауса) в Северной Шотландии. Работы этой станции заслуживают того, чтобы о них рассказать. Оказалось, что популяция грауса состоит из птиц-доминантов и избыточных особей. Доминанты имеют свои индивидуальные участки и успешно размножаются (граус — моногам, у каждого самца только одна самка). Избыточные особи (их число нередко достигает 50 %) отличаются пониженной жизнеспособностью (это доказано специальными физиологическими экспериментами) и в размножении не принимают участия. Если же повысить жизненность самцов путем инъекции полового гормона, то в популяции происходят интереснейшие события. «Избыточные» самцы захватывают индивидуальный участок, завоевывают себе самок и начинают размножаться. Более сильные птицы после инъекции гормона становились даже полигамами, т. е. захватывали себе несколько самок. Продуктивность популяции повысилась, хотя никаких изменений во внешней среде не произошло. Несмотря на то, что опыты находятся еще в самом начале, они ясно указывают на связь особенностей животных с общей продуктивностью популяций. Особо важен вывод, который сводится к тому, что особенности популяций грауса определяются предшествующей осенью и зависят от условий, в которых проходит развитие молодые птицы. Не менее существенно, что продуктивность разных популяций определяется химическими особенностями подстилающих почву материнских пород. Зависимость здесь такая: химия грунта — химия почвы — химия вереска (основной корм грауса) — физиологические особенности птиц. В этом примере очень ясно выступает связь явлений в биогеоценозе — от геохимических до биологических.

Однако непосредственной причиной, определяющей разную продуктивность популяций, являются физиологические особенности животных. Наконец, этот пример показывает, что продуктивность угодий может быть повышена не путем изменения среды, а путем изменения структуры популяций доминирующего вида.

МЕЖВИДОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ

Однако не только особенности отдельных видов и их конкретных популяций определяют общую продуктивность биогеоценозов. Важно и определенное сочетание разных видов. То, что возникающие при этом отношения между видами отнюдь не столь просты, как это может показаться на первый взгляд, показывают некоторые эксперименты.

Поучительны в этом отношении опыты Пайментэла¹ с двумя видами мух и двумя видами мучных червей *Tribolium*. Автор показал, что результат конкуренции между видами не остается постоянным, он изменяется и ведет к стабилизации экологической системы. Анализ опытов привел Пайментэла к следующим выводам. Первоначально более сильный вид увеличивает свою численность. Его дальнейшая эволюция определяется преимущественно внутривидовыми отношениями. Малочисленный вид чаще сталкивается с видом-конкурентом, чем с особями своего вида, и совершенствуется в межвидовой борьбе. Эволюция растений также идет по пути повышения резистентности к массовому виду. В результате этих процессов численность первоначально доминирующего вида постепенно падает и начинается новый цикл развития системы. Следует обратить особое внимание, что столкновение двух конкурирующих видов приводит не только к разнообразию второго звена трофической цепи, но и к эволюционным изменениям растений. Этот вывод подтверждается и другими исследователями, показавшими, что растения на наших глазах эволюционируют в сторону большей резистентности по отношению к животным. Таким не страшны даже специализированные виды травоядных животных.

Результаты этих экспериментов удачно дополняют одно из исследований, выполненных с помощью электронно-вычислительных ма-

¹ См. D. Pimental. Population ecology and the genetic feedback mechanism. «Genet. Today», Oxford, 1965, № 2.

шин. Машины задали нелегкий вопрос: при каких условиях биологическая система наивысшего уровня интеграции (это и есть как раз биогеоценоз) обладает стабильностью? Машина ответила: биогеоценоз не может обладать стабильностью, если допустить, что два вида не отличаются по характеру питания и степени защищенности от хищника. Результаты лабораторных экспериментов и теоретических вычислений принципиально совпали.

Естественно, что еще более разнообразные следствия влекут за собой взаимоотношения нескольких видов животных. Проиллюстрируем это положение поистине парадоксальным примером.

Изучались взаимоотношения между нескользкими видами хищников и их добычей¹. Первоначально была создана модельная популяция моли *Anagasta kühniella*, развивающаяся на пшенице (неисчерпаемая кормовая база), и установлено, что в отсутствие врагов анагаста создает перенаселенные популяции и большая часть личинок гибнет. Этим объясняются парадоксальные результаты последующих опытов: под воздействием ос, паразитирующих на личинках, и во время бактериальных эпизоотий (уничтожавших до 90% личинок) общая численность взрослых личинок не только не падала, а резко возрастила! Эффективным регулятором численности анагасты оказался хищный клещ, снижающий плотность отдельных популяций в 10—20 раз. Однако совместное действие ос и клещей не только не приводит к вымиранию анагасты, но может вызвать вспышку ее численности. Резкое снижение плотности популяции жертвы вызывает гибель хищников, а жертва увеличивается в числе. Этот результат может быть биологически осмыслен. Тип динамики численности и скорость размножения анагасты «расчитаны» на хищников, которые снимают определенную часть популяции. Отсутствие хищников нарушает естественный для вида тип размножения, развивается перенаселенность со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Мы убедились в том, что даже простейшие искусственные сообщества — весьма сложные биологические явления, развитие которых подчиняется строгим закономерностям. Нетрудно представить себе, сколь разнообразны события, протекающие в системах, состоящих

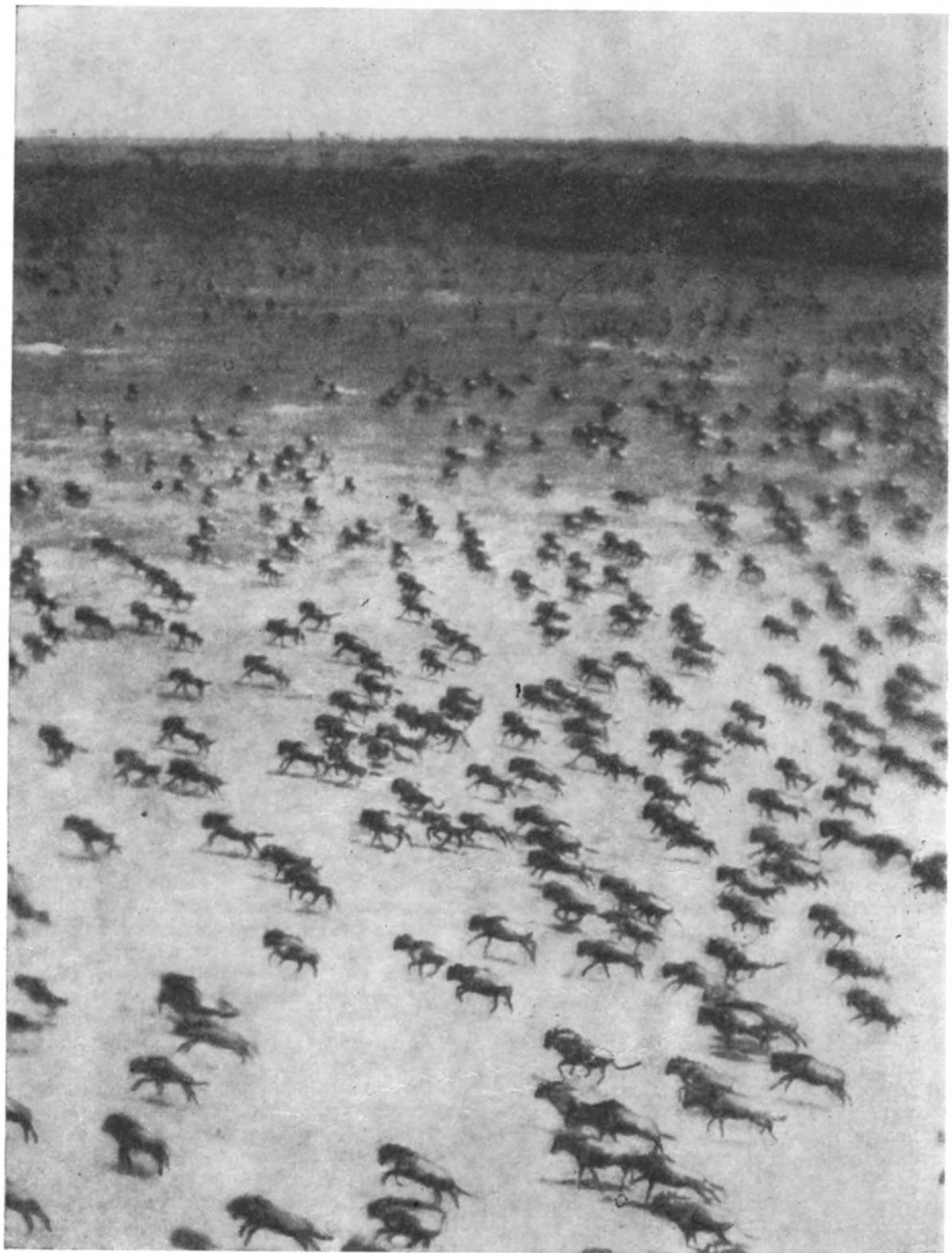
¹ См. S. E. Flanders, M. E. Badgley. Prey-predator interactions in selfbalanced laboratory populations. «Hilgardia», 1963, v. 35, № 8.

из сотен видов. Однако и это еще не самый важный вывод, который может быть сделан из приведенных экспериментов и наблюдений. Самый важный вывод состоит в том, что в одних и тех же условиях (при одном и том же притоке энергии) продуктивность биогеоценозов может быть резко различной. Это создает основу для оптимизма. Ведь регулировать поступление энергии в различных географических районах человек не может. Здесь наука бессильна и долго еще будет бессильной. Но регулировать состав сообществ мы можем уже сейчас, а следовательно, можем регулировать и продуктивность живых систем. Наша работа должна быть основана на общей теории продуктивности биогеоценозов. Нельзя сказать, что такая теория уже создана, но предпосылки к ее созданию есть.

ЧТО ОПРЕДЕЛЯЕТ ОБЩУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОГЕОЦЕНОЗОВ?

Многочисленные наблюдения, проведенные в разных географических условиях и в биогеоценозах разных типов и разного возраста, показали, что при прочих равных условиях (примерно одинаковом уровне поступления солнечной энергии) сложные биогеоценозы оказываются продуктивнее простых и обладают большей стабильностью. В таких системах энергия используется более экономно, каскад энергии проходит через много ступеней. Пищевые цепи длиннее, многие из них параллельны, что создает возможность частичной взаимозаменяемости в экстремальных случаях. В подобных биогеоценозах не только повышается общий к. п. д. использования энергии, повышается также и использование первичной продукции высшими звенями цепей питания. Это значит, что одна и та же масса растений может прокормить большее число животных. Биомасса системы в целом резко повышается, как правило, за счет наиболее ценных для человека природных продуктов.

Подобные биогеоценозы обычно характеризуются и наибольшей стабильностью, и для поддержания этой стабильности система затрачивает относительно меньше энергии. Это можно показать путем сравнения биогеоценозов различных сельскохозяйственных угодий. Лесные насаждения среди полей выделяются богатством фауны. Здесь встречаются нередко до 1500 разных видов животных, среди кото-



Рекордную продукцию мяса дают африканские саванны — до 35 т на 1 км², что превосходит максимально возможную продукцию животноводства в тех же условиях

Фото Б. Гржимека

рых немало потенциальных вредителей. Однако их массовое размножение наблюдается редко и длится непродолжительное время: хорошо сбалансированная система быстро справляется с нарушителями спокойствия. На естественных лугах число видов животных обычно меньше, чем в лесу, но и здесь вредители, как правило, не приносят серьезного ущерба, так как и эта система хорошо сбалансирована, и любой вредитель сталкивается со множеством врагов, конкурентов и паразитов (большое число паразитов характерно для сложных, хорошо сбалансированных систем). На посевах трав число видов снижается до нескольких сотен, стабильность системы снижается, вспышки численности отдельных видов наблюдаются чаще, продолжаются более длительное время и приносят ощутимый ущерб. Наконец, на вспаханных полях число видов животных еще меньше, стабильность системы должна поддерживаться человеком. Нередко без специальной борьбы против вредных видов поддержание нормального состояния посевов вообще невозможно. Описанная закономерность очень отчетливо проявляется и при наблюдении за лесными культурами. Фруктовые сады погибнут через несколько лет, если их специально не защищать от вредных насекомых. Борьба с насекомыми должна входить в число обязательных мероприятий по охране окультуренных лесных массивов. Естественный лес (например, тайга) сам справляется с вредителями. Даже массовые вспышки размножения самых страшных вредителей не могут вывести естественную систему из состояния динамического равновесия. Биогеоценоз лечит себя сам.

Было бы, конечно, ошибкой думать, что продуктивность биогеоценоза полностью определяется его структурой и не зависит от внешних (географических) условий. Не случайно продуктивность тропических сообществ в общем выше, чем сообществ холодных стран. Однако причины этого не столь просты, как принято думать. Выше уже указывалось, что потребленная организмами энергия используется для накопления биомассы (собственно продуктивность) и для поддержания нормальной жизнедеятельности. Чем менее стабильны условия среды, тем больше энергии требуется организму для осуществления различных компенсаторных реакций, обеспечивающих нормальное течение всех важнейших физиологических функций (так называемые гомеостатические реакции). На-

копление биомассы при этом неизбежно снижается. Если условия среды относительно стабильны, продукция животных и растений повышается. А ведь продукция — это не только рост отдельных особей, но и их размножение. Численность вида растет, расширяется область его распространения. Разные части первоначально единого поселения развиваются в разных условиях среды, увеличивается возможность образования новых видов, увеличивается и разнообразие системы в целом (вспомним опыты Пайментэла), что, в свою очередь, ведет к увеличению ее стабильности. Эта теория хорошо объясняет богатство и стабильность биогеоценозов тропиков.

Значит ли это, что биогеоценозы, развивающиеся в нестабильных условиях среды, обречены на бедность и постоянные нарушения своей структуры? Поверхностные наблюдения как будто оправдывают подобный пессимизм. Теория подсказывает, однако, и другую возможность. Может быть, наши северные сообщества, например сообщества тундры, не потому беднее тропических, что они развиваются на скучном энергетическом пайке и в крайне нестабильных условиях (суточные колебания температуры в тундре превышают годовые колебания в тропиках), а потому, что они еще молодые, незрелые. Ведь животных, которые глубоко приспособились к жизни на Крайнем Севере, можно пересчитать по пальцам. Может быть, именно в этом причина относительной бедности северных ценозов? Исследования показали, что наиболее полно приспособленные полярные виды чувствуют себя в Арктике, как в тропиках. Температура воздуха должна понизиться до -30° , чтобы песец почувствовал холод. Тратить энергию на гомеостатические компенсаторные реакции ему нет нужды.

В нашей лаборатории этот вопрос изучался специально. Оказалось, например, что уровень обмена сибирского лемминга не выше, а ниже, чем у родственных ему грызунов сходных размеров, обитающих на юге. Более того, оказалось, что цикличность жизнедеятельности этого поистине удивительного зверька позволяет ему поддерживать нормальную жизнедеятельность при меньшей энергетической стоимости гомеостатических реакций по сравнению со своими южными родственниками. Из этих частных наблюдений следуют выводы общего значения.

Существует достаточно хорошо обоснованное представление, что число возможных

потоков энергии по цепям питания¹ может служить мерой стабильности биогеоценоза. Поэтому небольшое число видов, питающихся разнообразной пищей, может поддерживать стабильность сообщества столь же эффективно, как и большое число узко специализированных форм. Это значит, что для того, чтобы довести продуктивность и стабильность северных биогеоценозов до продуктивности тропических систем, нет необходимости сравнять их по числу видов. Относительно незначительное обогащение фауны может привести к созданию системы, использующей энергию с большой эффективностью.

А теперь давайте помечтаем. Попробуем подсчитать, что получится, если повысить к. п. д. использования энергии полярными биогеоценозами до 100%. Это привело бы к тому, что биологическая продукция Арктики превысила бы продуктивность тропических лесов раз в 50. Конечно к. п. д.— 100% — это явно не реально. Но ведь повышение к.п.д до 2% — это не такая уж фантастика. А ведь именно при этом допущении продукция Арктики сравнялась бы с продукцией тропиков. Не следует думать, что сказанное — чистая фантастика. Нам пришлось несколько экспедиционных сезонов провести на реке Хадыта на Ямале. Результаты этих экспедиций уже описаны в «Природе»². Свообразие условий среды привело к тому, что на Хадыте, далеко за Полярным кругом, развился лес, местами с богатейшими кустарниками за-

¹ Вот несколько примеров цепей питания: мох — лемминг—песец; водная растительность—ондатра—камышовый лунь; семена хвойных — белка — куница; осока — полевка — ласка — сова.

² С. С. Шварц, Л. Н. Добринский. Животный мир Хадыты. «Природа», 1966, № 1.

рослями, с лесными видами птиц. Значит, и на Крайнем Севере природа может быть богатой!

Обогащение северных биогеоценозов может привести и к дальнейшим последствиям. Точные наблюдения показали, что развитые богатые биогеоценозы снижают климатическую нестабильность среды. Очень интересные данные опубликовал по этому вопросу Департамент сельского хозяйства США в 1948 г. Газы медеплавильной промышленности уничтожили все живое на значительной лесной территории. Оказалось, что это вызвало изменение климата: амплитуда колебаний всех метеорологических элементов возросла, уменьшилось количество осадков, резко снизилась скорость круговорота веществ. Биогеоценоз управляет климатом. Это значит, что качественное обогащение сообщества не только вызовет непосредственное увеличение его продуктивности, но и изменит условия среды. Это, в свою очередь, поведет к повышению эффективности процесса накопления биомассы. Возникает своеобразная цепная реакция, прогрессивное развитие биогеоценоза.

Теперь мы можем подойти к ответу на главный вопрос этой статьи: в чем заключается стратегия жизни? Она заключается в том, что жизнь сама создает условия для своего прогрессивного развития. Эволюция заключается не только в развитии отдельных форм и групп животных и растений, но и в развитии природных комплексов, способных к прогрессивному завоеванию арены жизни и ее преобразованию. Человек может нарушить этот процесс, но он может также и ускорить его и направить в нужное ему русло.
УДК 57

