

Предназначение и конструкция биоразнообразия

В. Г. МОРДКОВИЧ

*Институт систематики и экологии животных СО РАН
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11
E-mail: mordkovichvg@rambler.ru*

Статья поступила 05.11.2024

После доработки 24.11.2024

Принята к печати 25.11.2024

АННОТАЦИЯ

В последние десятилетия “в омуте” экологических аспектов и проблем возник информационный бум вокруг понятия “биоразнообразия”. Негативным следствием широкой популярности стала размытость смыслового содержания и бесформенность конструкции полюбившегося понятия. Это осложняло взаимопонимание специалистов научной и житейской экологий. Настоятельно востребованы уточнения дефиниции понятия “биоразнообразия” и рамок его использования, структуризация и связь его объекта интереса с эволюционной теорией. Для этого предлагается упорядоченная система из четырех структурных категорий биоразнообразия, воплощающих эволюционные потенциалы популяционно-видового, биоценологического, биогеоценологического и биосферного уровней организации жизни. Категории биоразнообразия обозначены символами α , β , γ и Σ . Их возникновение и продолжительное существование обусловлены не только сложнейшей конфигурацией ареалов, возникшей благодаря возможностям биоты, но в большей мере – особенностями строения абиотической матрицы внешней среды. В первую очередь имеют значение современные стоково-водосборные материково-океанические и реликтовые бассейны, утратившие былую связь с Мировым океаном. Такие мегаместообитания, четко ограниченные друг от друга орографическими, гидрологическими, климатическими барьерами, способствуют изоляции и предоставляют биоте возможность свободного выбора комплекса экологических условий. Однако воспользоваться ими могут не любые биологические виды, а только обладающие подходящим набором преадаптаций, способные ужиться друг с другом и стереотипно воспроизводить стандартный набор биоты в течение длительного отрезка времени. Акцентируется внимание на биогеоценозах и их катенных композициях – грандбиоме, приуроченных к гелиопоясам широтного простираения и их производным – климатическим, почвенным, ландшафтными зонам. Биогеоценозы и грандбиомы как элементы γ -биоразнообразия, в отличие от предыдущих категорий, обладают способностью вовлекать в свой контакт не только живое, но и косное, создавать биокосное вещество, гарантируя превращение неуютной коры выветривания в комфортную среду жизни, регулируемую биотой по своему усмотрению. Каждая последующая по ходу эволюции категория биоразнообразия не уничтожала и не подавляла предыдущие, а взаимовыгодно инкорпорировала их в свою структуру на правах автономии. Такая конструкция напоминает серию матрешек, вложенных друг в друга, что многократно умножает устойчивость системы биоразнообразия и его потенциал, гарантируя длительную пролонгацию жизни во времени и всюдность в пространстве земной поверхности.

Ключевые слова: биоразнообразие, α -, β -, γ -, Σ -категории биоразнообразия, элементы биоразнообразия, биологические виды, флоры, фауны, консорции, биоценозы, грандбиомы, биосфера, стоково-водосборные бассейны, гелиопояса.

ВВЕДЕНИЕ

Великий мыслитель XX в. В. И. Вернадский, выделив в 1926 г. биосферу как уникальную оболочку земного шара, признал, что на ее функционирование и сохранность оказывают влияние не только геологические и космические, но и антропогенные факторы [Вернадский, 1960]. Спустя столетие приходится констатировать, что предсказания сбылись с лихвой. Антропогенное воздействие на биосферу превратилось в решающую силу в судьбе планеты. Технический прогресс, как и все процессы на Земле, наряду с позитивными не исключает и негативные результаты, которые приходится учитывать в человеческой деятельности. Ярким примером разноликости последствий техногенеза служит отрасль добычи и переработки полезных ископаемых. С одной стороны, без нее невозможно развитие цивилизации, с другой – достигается оно ценой рискованных экологических издержек.

Различаются три варианта изменения биосферы под прессом горнодобычи и технологий ее переработки. Первый – уничтожение нативных экосистем за счет сдирания почвенно-растительного покрова на большую глубину, а также фатальное воздействие токсичных продуктов техногенеза, к которым у биоты не выработаны необходимые адаптации. В этих случаях многие нативные биоэкосистемы бесследно уничтожаются, оставляя после себя безжизненные шрамы. Процесс антропогенного опустынивания в совокупности с глобальным потеплением и его последствиями – повышенной испаряемостью и аридизацией, ведут к увеличению площади пустынь. На их долю уже приходится около 21 млн км², т. е. более 14 % площади жизнепригодных земель [Реймерс, 1990].

Второй вариант техногенных изменений биосферы при горнодобыче сводится к массированному извлечению глубинных пород коры выветривания четвертичного возраста. Они толстым плащом погребают находящиеся рядом нативные биоэкосистемы. Нетоксичные субстраты, содержащие в достаточном количестве необходимые для жизни растений вещества, кроме того, изначально насыщены древней микрофлорой и простейшими в инцистированном состоянии [Мордкович, 1993; Напрасникова, 1993]. В аэробных условиях эта микробиота прошлого активизируется и начина-

ет новую жизнь после вынужденного застоя. Параллельно отвалы, насыпи, а также карьеры подвергаются буйному нашествию почвенной биоты (мезофауны, водорослей, семян и спор растений) из окружающих ненарушенных биоэкосистем. Взаимодействие двух контингентов биоты разного происхождения приводит к появлению биоэкосистем-сюрпризов с невиданными ранее свойствами. Их отличает непостоянство состава биоты, хаотичные несогласованные смены разных таксонов, частые сбои, внезапные остановки и рывки в развитии сообществ, засилье рудеральных элементов в структуре биоценозов [Мордкович, 2023]. Площади таких биоэкосистем-химер растут в геометрической прогрессии год от года, достигая 8–10 % общей площади суши.

Третий вариант антропогенной трансформации биосферы, касающийся уже не только горнодобычи, это избирательное угнетение биологических видов, их выбраковка из сообществ и банализация фауны и флоры за счет засилья космополитов. В этом случае у пострадавших нативных биоэкосистем остается шанс выжить и даже восстановить свою инфраструктуру до состояния, оптимального в данном регионе. Достигается это благодаря механизму сукцессий, априори заложенному в устройстве природы. Сукцессия представляет собой последовательность состояний биоэкосистем, стереотипно сменяющих друг друга с позитивным эффектом, используя регламентированный набор переменных с определенными экологическими стандартами [Миркин, Наумова, 2018; Мордкович, 2023]. Вмешательство человека в этот процесс приводит к появлению в биосфере суррогатных биоэкосистем, управляемых природными и антропогенными факторами на равных (агро-, урбо- и техноценозы, лесопосадки и т. п.).

БИОРАЗНООБРАЗИЕ

Разнообразие антропогенных воздействий требует внимательного, взвешенного мониторинга состояния биоэкосистем. Среди средств мониторинга выделяется выразительностью, емкостью, многогранностью и тонкостью связей биоразнообразие. Оно воплощает в своей сущности уникальные свойства жизни: 1) способность меняться адекватно и синхронно со средой обитания; 2) избирательность в выборе

местообитаний и времени проживания в них; 3) комплементарность и способность к взаимодействию совместно обитающих биологических видов, включая человека; 4) стремление биоты не только нейтрализовать нарушение среды обитания, но и целенаправленно перестраивать ее в свою пользу; 5) присутствие человека разумного, который вынужден соответствовать вышеизложенным принципам организации жизни.

Понятие “биоразнообразие” присутствует в общественном сознании человечества с первобытных времен, но ключевое значение обрело с подачи Стокгольмской конференции по охране окружающей среды и появления международной конвенции о биоразнообразии [Примаков, 2002]. Популярность понятия, ставшего сегодня “притчей во языцех”, обусловлена его интуитивной понятностью и в то же время семантической многозначностью, а главное, повседневными неизбежными контактами людей с другими живыми существами.

В человеческом обиходе биоразнообразие фигурирует в нескольких “ипостасях”. В первой оно воспринимается как сумма физических, химических, биологических, визуальных, слуховых, осязательных раздражителей, обостряющих органы чувств человека, побуждая его к ответной реакции. Во второй ипостаси биоразнообразие выступает как общность в структуре, которой людям надлежит занять надежное место и играть определенную функциональную роль. Человечество, чтобы не стать изгоем, как многие вымершие виды-неудачники, предписало себе место на вершине эволюционного “древа жизни”, а заодно – предназначение вершителя судеб остальной биоты. В третьей ипостаси биоразнообразие рассматривается людьми в качестве ресурса, пригодного для обустройства человеческого домохозяйства. Наконец, в четвертой – научной, ипостаси биоразнообразие удостоилось статуса фундаментального свойства живой материи, обеспечивающего ее пролонгацию во времени и “всюдность” в пространстве земной поверхности. Разносторонность понятия биоразнообразия побуждает упорядочить его смысл и стандартизировать элементы его конструкции применительно к научной, хозяйственной и “житейской” экологии.

На этом оптимистичном фоне странно выглядит игнорирование темы биораз-

нообразия такими достойными доверия и уважения источниками информации, как Биологический энциклопедический словарь [1989], словарь-справочник “Природопользование” Н. Ф. Реймерса [1990]. Возможно, причина в том, что дефиниции биоразнообразия нередко преподносятся слишком расплывчато. Например, как “разнообразие жизни во всех ее проявлениях; показатель сложности биологической системы; всевозможное разнообразие форм и явлений жизни; частота и встречаемость биологических объектов в фиксированном интервале времени и пространства; как синоним понятия жизни на Земле” и т. д. [World Conservation Monitoring Centre..., 1992; Примаков, 2002]. К сожалению, из помпезного контента этих определений, претендующих на роль “клада безупречных истин”, исчез предмет непосредственного интереса.

Одним из первых исследований, признавших самостоятельность понятия биоразнообразия, послужили представления Р. Уиттекера [1980]. Он считал первостепенной задачей познания сущности биоразнообразия упорядочение критериев его дифференциации и структуризации, выделив в качестве основы три иерархические категории биоразнообразия, обозначенные символами α , β , γ . α -Биоразнообразие имеет в качестве структурных элементов популяции и биологические виды животных, растений, протистов. Элементами β -биоразнообразия служат многовидовые сообщества – биоценозы. Под γ -биоразнообразием подразумеваются общности, объединяющие биогеоценозы природных зон и биомов.

Принципы дифференциации и структуризации биоразнообразия, предложенные Уиттекером, получили широкое признание. Следуя им, Ю. И. Чернов [2008] определил биоразнообразие как меру качественного состояния жизни, выраженную числом особей и видов биоты, ее морфоэкологических типов, жизненных форм и других параметров, иллюстрирующих характер адаптаций биоты к определенным условиям среды. Среди задач исследования биоразнообразия Ю. И. Чернов считал первоочередной инвентаризацию его элементов и составление их реестров. Ведущая роль в этом деле отводится биосистематике, фаунистике, флористике, палеонтологии. Следующей по значимости задачей обозначена структуризация биоразнообразия относительно

градиентов экологических условий. Важное значение придается хорологии. Рекомендуется рассматривать биоразнообразие как общность, соответствующую целям синэкологии, эволюционного учения, охраны природы и природопользования. Непременным аспектом изучения биоразнообразия обозначено поддержание оптимального соотношения массовых и малочисленных биологических видов, чтобы исключить банализацию фаун и флор. Наконец, биоразнообразие признано важнейшим маркером экологического кризиса, нависшего над биосферой как дамоклов меч.

Россия ратифицировала Конвенцию ООН в 1995 г. В ней биоразнообразие обозначено как вариабельность живых организмов в рамках биологического вида, между видами и экосистемами, и содержится обязательство сохранять все это в неприкосновенности. Незамысловатая, на первый взгляд, концепция биоразнообразия при пристальном внимании обнаруживает в своей сути немало парадоксов, располагающих к критическому осмыслению привычных постулатов.

Например, обращает на себя внимание, что одновременно с концепцией биоразнообразия, но не пересекаясь с ней, в 1970–1980 гг. оформилась концепция уровней организации живого. Она состоит в иерархическом подходе к объединению элементов биоты. Выделяются несколько уровней ее организации: молекулярно-биохимический, клеточный, органно-тканевой, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический, биосферный [Развитие..., 1972; Уровни..., 1980; Биологический энциклопедический словарь, 1989]. Даже беглое сравнение двух концепций обнаруживает их сходство. Обе имеют один и тот же предмет исследования – дифференциацию и структуризацию живой материи на разных этапах его совершенствования, оперируют одними и теми же структурными элементами биоты, ориентированы в хорологическом плане на одинаковый набор категорий земного пространства, решают похожие задачи. Невольно напрашивается неудобный вопрос: эти концепции дублируют друг друга или представляют собой разные стороны “одной медали”? Логический анализ приводит к заключению, что наиболее вероятно второе. Система уровней организации жизни отображает последовательность этапов эволюции жизни, а концепция

биоразнообразия – их воплощение в реальную действительность (табл. 1).

Если следовать принципу сопряженности уровней организации живой материи и категорий биоразнообразия, отображающих его структуру, напрашивается потребность прежде всего пополнить набор вторых. Тогда молекулярно-биохимическому уровню должна соответствовать категория биоразнообразия, обусловленная синтезом ДНК, РНК, белков, репликацией и хранением генетической информации; цитологическому уровню – своеобразие строения и функционирования клеток; органно-тканевому уровню – особенности строения и взаимодействия органов тела живых существ; организменному уровню – категория биоразнообразия, обусловленная особенностями морфологии, физиологии особей, их акклиматизации во внешней среде обитания. Эти четыре категории биоразнообразия де факто фигурируют в соответствующих науках. От более высоких уровней организации жизни их отличает сосредоточенность на устройстве внутренней среды организмов. Интерес к биоразнообразию надорганизменных уровней организации живого вещества ориентирован на особенности взаимодействия внутренней и внешней сред обитания растений и животных.

Биоразнообразие с позиций популяционно-видового уровня организации жизни (α -биоразнообразие) используется у биологов и экологов повышенным вниманием [Stork, 1988; World Conservation Monitoring Centre, 1992; Биоразнообразие..., 1994; Brändle et al., 2000; Амирханов и др., 2002; Примаков, 2002]. Наиболее выразительное и привлекательное его свойство – высочайшая на надорганизменном уровне организации степень раздробленности живого вещества на выразительные и стойкие структурные элементы: популяции, биологические виды, их совокупности – флоры и фауны. Число биологических видов на земной поверхности оценивается миллионами. При этом каждый элементарный объект популяционно-видового уровня организации сохраняет свою неповторимость в большом интервале времени и пространства. Четко дифференцированная таксономическая структура делает α -биоразнообразие излюбленным средством оценки насыщенности биосферы и ее подразделений биотой.

Т а б л и ц а 1
Конструкция биоразнообразия

Уровень организации живой материи	Титульная отрасль науки	Структурный элемент биоразнообразия надорганизменных категорий					
Биосферный	Глобальная экология	Σ-Биоразнообразие Σ₁Σ₂Σ₃					
Биогеоцено- тический	Биогеоце- нология	γ-Биоразнообразие γ₁γ₂γ₃					
Биоценооти- ческий	Биоценология	β-Биоразнообразие β₁β₂β₃					
Популяционно- видовой	Аутэкология (таксономия, биогеография)	α-Биоразнообразие α₁α₂α₃					
Организменный	Эмбриология, биономия, фенология						
Органно- тканевой	Морфология, анатомия, физиология						
Цитологический	Цитология						
Молекулярно- биохимический	Биохимия, генетика, молекулярная биология						

П р и м е ч а н и е. Структурные элементы биоразнообразия: α_1 – популяции, α_2 – биологические виды, α_3 – флоры, фауны; β_1 – коакции, β_2 – консорциумы, β_3 – ассоциации биоценозов; γ_1 – биогеоценозы, γ_2 – катены биогеоценозов, γ_3 – грандбиомы; Σ_1 – биосфера Земли, Σ_2 – возможные биосферы других планет Солнечной системы, Σ_3 – предполагаемые биосферы планет других астросистем.

Ажиотаж вокруг темы биоразнообразия уживается с достаточно беззаботным отношением к его сокращению. Парадоксально выглядит на фоне массового вымирания биологических видов пополнение ударными темпами реестра современных видов биоты. В середине XX в. в большинстве справочников, энциклопедий, учебников видовое богатство биосферы сводилось к 1–1,5 млн видов. К концу XX в. цифра видового богатства возросла до 5–7 млн [Биоразнообразие, 1994], а в XXI в. – потенциально до 100 млн биологических видов [Примаков, 2002]. Причиной этого казуса служит описание новых видов из ранее недоступных регионов и экосистем, освоение и привлечение генетических и биохимических критериев таксономии, мобилизация залежалых ресурсов из музейных и частных коллекций. Отмеченная тенденция создает иллюзию неисчерпаемости биоразнообразия.

К парадоксам концепции биоразнообразия следует также отнести альтернативные оценки экологической значимости сокращения числа биологических видов. Оно традиционно воспринимается как опрометчивое разбазаривание щедрого наследства, накопленного биосферами прошлых эпох. Между тем существует альтернативная точка зрения – считать сокращение α -биоразнообразия избавлением планеты Земля от чрезмерного загромождения биотой, мешающей преобразованию биосферы в заветную мечту человечества – ноосферу разума. Правомочность второй позиции подтверждается законодательно закрепленной практикой эксплуатации заповедников, других охраняемых территорий, охотхозяйств, агроценозов, городских парков, урбоэкосистем. В ряде их, согласно нормам экологического баланса, нежелательные особи и виды планомерно удаляются в угоду меркантильным человеческим интересам.

Среди элементов α -биоразнообразия наиболее расплывчаты дефиниции популярных понятий флор и фаун. Их объективность сомнений не вызывает, но придавать им статус, равный другим категориям биоразнообразия, мало кто решается. Флоро-фаунистический уровень организации живой материи ни в одной классификации не предусмотрен [Уровни..., 1980; и др.]. Обсуждая этот казус, Ю. И. Чернов [2008] объяснил недоверие к флорофаунистической категории тем, что компоненты флор и фаун объединены в общность “абстрактно, а не на основе телесных взаимодействий”. Негативную роль играют также рыхлые принципы обособления флор и фаун, представляющих собой общности биоты, не обремененные биоценотическими связями. Несмотря на существование в одной области пространства, биологические виды разных таксонов из обширного арсенала экологических связей эффективно используют лишь топические и форические, допускающие значительную вариабельность состава видов флор и фаун.

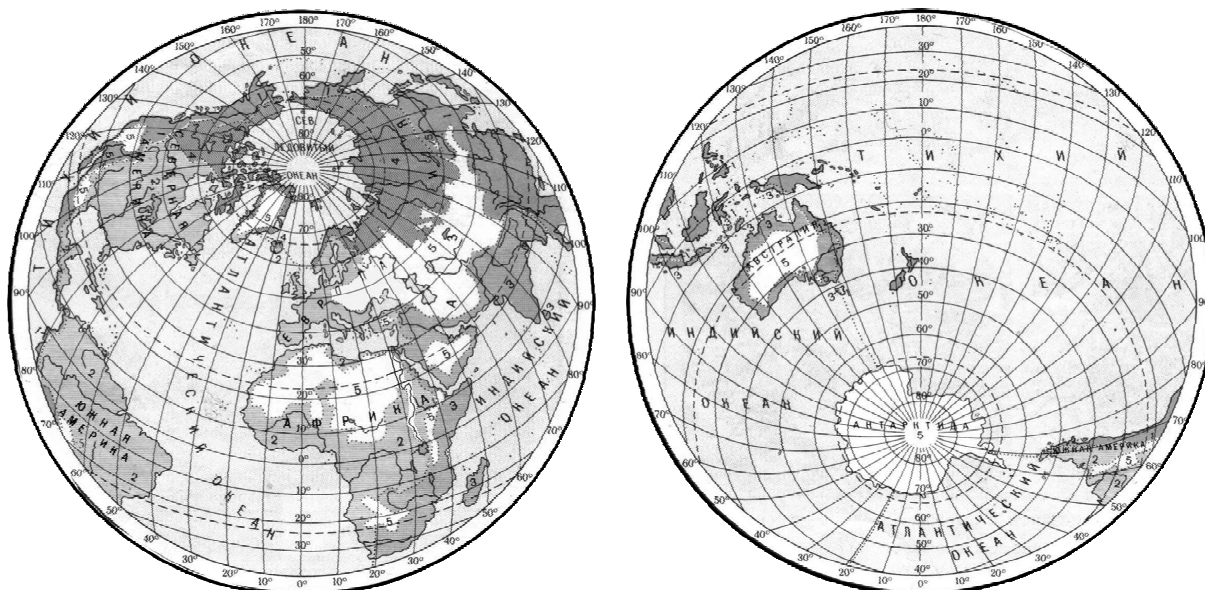
Критериями обособления флор и фаун традиционно считаются систематический состав и ареалы таксонов. Приоритет обычно отдается первому. Совпадение ареалов понимается как явление, обусловленное возможностями исключительно биоты. Размещение флор и фаун в пространстве (их хорология) традиционно воспринимается как опосредованное следствие действия биоты. Функции абиотических факторов внешней среды сводятся к декоративным. Место максимального сгущения ареалов нередко принимается за ядро той или иной флоры или фауны. При этом приуроченность сгущения ареалов к какому-либо месту земной поверхности преподносится как случайность.

Между тем, кроме уже обозначенных условий формирования флор и фаун, важнейшее значение имеет физиономия, конфигурация, площадь и экологические свойства абиотической матрицы среды, обусловленные тектоническими, орографическими, климатическими, гидрографическими процессами.

Существуют многочисленные схемы физико-географического районирования территорий и их классификации. Однако при всех достоинствах эти структуры предназначены для решения сугубо географических задач. Их

прямое использование в экологии и биологии чревато семантическими осложнениями. Правильнее пользоваться матрицей земной поверхности с учетом экологического потенциала среды обитания. Наиболее масштабными вместилищами биоты, предопределяющими дифференциацию на фауны и флоры, служат стоково-водосборные бассейны, обуславливающие особенности круговорота воды – фактора, лимитирующего жизнь в первую очередь. Стоково-водосборные бассейны объединяют в целостность обширные акватории и прилегающую к ним сушу, откуда вода, собираемая реками, выносится обратно в соответствующую акваторию, чтобы снова и снова циркулировать с потоками воздушных масс, водой, теплом, геохимией. Границы между бассейнами отчетливо выделяются линейным соединением истоков рек и их притоков, несущих свои воды в тот или иной океан.

Среди стоково-водосборных бассейнов как матричной основы организации биоразнообразия различаются три типа. Во-первых, материково-океанические, соответствующие современной архитектонике пяти океанов и шести континентов. Во-вторых, выделяются внутриконтинентальные реликтовые талассоиды (греч. “подобные морям”), давно утратившие связь с Мировым океаном, перманентно или периодически усыхающие вместе с реками, вплоть до превращения их в сухопутные солончаковые, глинистые или песчаные пустыни. К третьему типу относятся молодые (голоценового возраста) моря, еще сохранившие слабую связь с Мировым океаном, но уже сильно отличающиеся от него экологическими свойствами. К материково-океаническим бассейнам относятся: Евро-Арктический, Американо-Арктический, Азиатско-Арктический, Евро-Атлантический, Северо-Американо-Атлантический, Южно-Американо-Атлантический, Афро-Атлантический, Северо-Американо-Пацифический, Азиатско-Пацифический, Азиатско-Индийский, Австрало-Индийский, Афро-Индийский, Антарктический (рисунок). Характерным примером реликтовых внутриконтинентальных бассейнов служит система Черного, Азовского, Каспийского и Аральского морей. Все четыре водоема, вместе с поречьями Дуная, Днепра, Днестра, Волги, Урала, Эмбы, Амударьи, Сырдарьи и более мелких рек, сегодня представляют собой фрагменты



Масштаб: 1:200 000 000

1 2 3 4 5

Стоково-водосборные бассейны земной поверхности.

Бассейны океанов: 1 – Тихий, 2 – Атлантический, 3 – Индийский, 4 – Северный Ледовитый, 5 – внутриматериковые бессточные бассейны

некогда гигантского океана Паратетис. 35 млн лет назад его акватория сообщалась не только со Средиземным морем, но и с основной частью Атлантического и Индийского океанов. Глобальная аридизация климата около 5 млн лет назад привела к изоляции фрагментов Паратетиса не только от Мирового океана, но и друг от друга. Однако периодически, например, 13–18 тыс. лет назад, в результате так называемой Хвалынской трансгрессии фрагменты Паратетиса воссоединялись через Кумо-Маньгскую впадину и излучины Волги и Дона. Наряду с Паратетисом существуют талассо-бассейны: в Средней Азии – Туранский с озерами Балхаш, Тенгиз, Алаколь и примыкающими поречьями Нуры, Или, Каратау, Аксу, Лепсы и др.; в Центральной Азии расположены бассейны: Таримско-Туранский с озером Лобнор и Гобийский с озером Убсу-Нур. В Северной Африке просторно расположился гигантский Сахаро-Средиземноморский бассейн. Внутри Австралийского материка находится обширный бассейн с озером Эйр и пересохшими поречьями. В Южной Африке расположен Намиб-Калахарский бассейн с озером Этоша в центре. В Северной Америке есть Внутрикордильерский, а в Южной Америке – Патагонский талассо-бассейн (см. рисунок).

Характерным представителем третьего типа служит Балтийский стоково-водосборный бассейн. Он представляет собой разветвленный рукав, сообщающийся с Атлантическим океаном проливами Каттегат и Скагеррак. Несмотря на этот контакт, воды Балтийского и Северного морей не смешиваются из-за разной плотности. В Балтийское море впадает 250 рек, в том числе крупные и полноводные Нева, Висла, Неман, Западная Двина, которые сильно опресняют воду Балтийской акватории. Она остается мелкой (средняя глубина – 51 м), Балтийский стоково-водосборный бассейн обособился всего лишь около 4 тыс. лет назад в результате подъема суши после окончания последнего ледникового периода. Отличительной чертой Балтийского бассейна является изобилие островов, что способствует изоляции участков территории.

Все отмеченные стоково-водосборные массивы сложились не по инициативе биоты, а некоторые даже до ее возникновения, подновляясь далее уже вместе с ней. Как правило, стоково-водосборные бассейны надежно изолированы друг от друга существенными физическими преградами, побуждая биоты в условиях изоляции проявлять эволюционную потенцию.

Мозаика стоково-водосборных бассейнов служит предпосылкой и полигоном формирования многообразия общностей биоты, устойчивых по составу видов, обособленных в пространстве, с конгруэнтными ареалами и оригинальной фаунистической композицией, стереотипно воспроизводимой во времени. Такие свойства дают основания именовать эти композиции фаунотеками (греч. тека – “вместилище”). Изоляция фаунотек способствует появлению видов-эндемиков. Их нередко называют “визитной карточкой” той или иной флоры или фауны, что не всегда оправдано из-за узколокальных ареалов эндемиков. Сомнительны в качестве эталонов флор и фаун виды-космополиты. Наиболее убедительно оригинальность фаунотек отражают виды-аборигены. Изоляция фаунотек друг от друга и скученность в пределах стоково-водосборных бассейнов невольно принуждают соседей по “коммунальной квартире” взаимодействовать, включая наряду с зыбкими топическими и форическими более прочные симфизиологические связи, гарантирующие формирование биоценозов.

Биоразнообразие с позиций биоценотического уровня организации живой материи (β-биоразнообразие), в отличие от других категорий, оперирует структурными элементами, представляющими собой общности биологических видов, связанных друг с другом многочисленными прямыми и обратными симфизиологическими связями [Старобогатов, 2007]. В результате образуются иерархически организованные конструкции. Их элементарными объектами служат: а) узкоспециализированные коакции биологических видов, например, тандемы паразит – хозяин и другие симбиотические общности, б) консорциумы с видом-эдикатором во главе, в) синусии – совокупности видов с одинаковой композицией биоэкоморф, г) ассоциации и формации сообществ растений, животных, микроорганизмов.

Важнейшей составляющей служат совокупности растений и животных с разными типами ценотической стратегии, сменяющие друг друга в ходе сукцессий, контролирующей трансформацию биоценозов во времени из состояния хаоса или нарушения в упорядоченный конструкт, меняя структуру и характер их функционирования [de Deyn et al., 2003; Миркин, Наумова, 2018; Мордкович,

2023]. Естественный отбор на биоценотическом уровне организации живой материи направлен на сохранение (или инкорпорацию извне) биологических видов с ценотической стратегией, оптимальной для определенного этапа регенерации биоэкосистемы. Ценотическая стратегия, в отличие от эволюции, выбирается из ограниченного регламентируемого набора временных. Рекомендуемый классиками фитоценологии [Миркин, Наумова, 2018] традиционный набор из трех типов ценотических стратегий (r-, L- и K-стратегии, или рудералы, стресс-толеранты, конкуритории) с учетом животных дополняется обскурантами, клинемами, интервентами, форс-мажорами, ассенизаторами [Мордкович, 2023]. На определенном этапе сукцессии виды с наиболее адекватной ценотической стратегией захватывают доминантные позиции в сообществе, переименовывая в необходимом направлении таксономический состав, структуру, характер функционирования и физиономию биоценоза.

Биоразнообразие с позиций биогеоценотического уровня организации живой материи (γ-биоразнообразие) предусматривает необходимость рассматривать биологические виды и биоценозы в тесном комплементарном взаимодействии со свободно организованной матрицей внешней среды и косным веществом, трансформируя его в биокосное, более комфортное для жизни [Маргалев, 1992; Тишков, Петрова, 2002]. И. Хански считает недостаточное внимание к местообитаниям серьезным упущением успешной в целом экологии предыдущего века. В последние годы значимость местообитаний как источника необходимых биоте ресурсов в глазах биологов и экологов значительно выросла. Об этом свидетельствует число упоминаний термина “местообитание” в экологической и биологической литературе, сравнявшееся с популярнейшим термином “экологическая ниша”. Более того, наконец-то признано законное “право” местообитаний считаться неотъемлемой частью экологической ниши [Хански, 2010].

Принципиальным отличием категории γ-биоразнообразия служит появление в его структуре элементов, совмещающих альтернативные сущности – местообитание и поселившийся в нем биоценоз в единое целое – биогеоценоз. Живое и косное вещество в этой конструкции предстает не простым конгломе-

ратом, а композитной субстанцией – гумусом, с эмергентными по сравнению с исходными предковыми свойствами. Еще более важной функцией γ -биоразнообразия становится активизация фабрических связей, ведущих к тотальной перестройке среды, превращая ее в почву, обладающую особыми свойствами плодородия, и хранилище стандартов биогеоценозов в случае катаклизмов.

Такая трактовка контента биоразнообразия выходит за сугубо биологические рамки и может показаться некорректной, если не принимать во внимание, что живые и косные вещества сложены химическими элементами, почерпнутыми из общей “корзины” – периодической системы Д. И. Менделеева. Тела многих организмов в обязательном порядке содержат абиотические включения, нередко намного превосходящие по массе живое вещество. Наконец, с позиций биогеоценологии дифференциация структуры биогеоценоза на живую и косную составляющие – это условие в угоду узкой специализации ученых.

Биогеоценозов на земной поверхности – великое множество, просторных и небольших, разной конфигурации. Они разбросаны по земной поверхности не хаотично, а упорядоченно. Первостепенное значение в упорядочении размещения биогеоценозов имеет мезорельеф.

Превышение относительных высот местности от нескольких до двух-трех десятков метров способствует мозаичности местообитаний. На равнинах, занимающих 2/3 земной суши, 90 % площади приходится на склоны, в том числе 60 % – с уклоном поверхности менее 30°. Однако этой малости достаточно для местного перераспределения вдоль мезорельефа потоков приземного воздуха, внутрисочвенных и грунтовых вод вместе с растворенными в них химическими соединениями. В итоге складывается цепочка местообитаний – фаций, сопряженных между собой топографически и функционально в матрицу, обязательную для соответствующего грандбиома¹.

Плакорная фация занимает плоские водоразделы, довольствуясь лишь атмосферным увлажнением. Элювиальная фация в верхней трети склона теряет с поверхностным и вну-

трипочвенным стоком более половины воды, поступившей с атмосферными осадками, создавая ее дефицит. Транзитная фация в средней части топокаты теряет со стоком около половины атмосферных осадков, но компенсирует потери поступлением воды со стоком из вышележащей элювиальной фации и с грунтовыми водами. Аккумулятивная фация у подножия склона большую часть времени переувлажнена, даже в аридных природных зонах. Супераквальная фация на границе суши и водоема, кроме воды, поступающей из атмосферы напрямую, и воды, поступающей с горизонтальным поверхностным, внутрисочвенным и грунтовым стоком, еще и регулярно заливается паводковыми водами. Все пять фаций, получая одинаковую порцию атмосферных осадков, благодаря их перераспределению по мезорельефу образуют совместно топокату, т. е. градиентную последовательность увлажнения, тепла, геохимического фона, которая очерчивает пределы вариабельности соответствующего грандбиома [Мордкович, 2023]. Топокаты как комплементарная система биогеоценозов – это универсальная всюдная форма организации внешней среды и биоразнообразия. Однако при соблюдении строгой в неизменной последовательности смены фаций топокат их экологические параметры кардинально меняются в направлении от экватора к полюсам Земли. В результате образуются природные зоны, более или менее точно приуроченные к определенным географическим широтам. В поисках объяснения феномена широтной зональности ландшафтоведы использовали разные критерии: физиономические, климатические, почвенные [Берг, 1947, 1952]. Их преемники заострили внимание на ведущей роли солнечной радиации [Будыко, 1977]. Ее дозы, спектр, сила и ритм освещения в первую очередь предопределяют характер и хронологию тепла, испарения влаги, геохимии природных зон.

В соответствии с величиной радиационного баланса (R), т. е. количества излучения, поступившего от Солнца и усвоенного земной поверхностью, выделяются пять гелиозон: высокоширотная (R меньше 0), субарктическая ($R = 0-25$ ккал/(см²·год)), среднеширотная ($R = 25-50$ ккал/(см²·год)), субтропическая ($R = 50-75$ ккал/(см²·год)) и экваториальная ($R > 75$ ккал/(см²·год)) (табл. 2). Символиче-

¹ С учетом использования термина “биом” с приставкой “микро-” в генетике, паразитологии, медицине и т. д., предлагается в пространственной экологии к термину “биом” добавить приставку “гранд”.

Т а б л и ц а 2
Матрица гелиозональности и система грандиомов (по М. И. Будыко [1977], с коррективами)

Тепловая энергетическая база – радиационный баланс		Условие увлажнения – радиационный индекс сухости					
		От 0 до 1		От 1 до 2		От 2 до 3	
		Избыточное увлажнение		Оптимальное увлажнение		От 2 до 3 (недостаточное увлажнение)	
		0 – 1/5	1/5 – 2/5	2/5 – 3/5	3/5 – 4/5	4/5 – 1	Более 3 (крайне недостаточное увлажнение)
Меньше 0 (высокие широты)	Вечный снег	Арктическая пустыня	–	–	–	–	–
От 0 до 25 ккал/см ² в год (субарктические широты)	–	–	Тундра мохово-лишайниковая	Тундра кустарниковая	Лесотундра	–	–
От 25 до 50 ккал/см ² в год (средние широты)	–	–	Северная тайга	Средняя тайга	Южная тайга	Лиственный лес и лесостепь	Пустыня умеренного пояса
От 50 до 75 ккал/см ² в год (субтропические широты)	–	–	–	–	Дождевые субтропические леса	Жестколистные субтропические леса и кустарники, листопадные леса	Субтропическая пустыня
Больше 75 ккал/см ² в год (экваториальные широты)	–	–	–	Сильно переувлажненный (сильно заболоченный) экваториальный лес	Среднепереувлажненный (среднезаболоченный) экваториальный лес	Экваториальный лес, переходящий в светлые тропические леса и лесистые саванны	Пустыня тропическая

скими границами гелиозон служат линии полярных кругов, тропиков Рака и Козерога. Они условны, так как могут сдвигаться на несколько градусов широты в зависимости от активности процессов, периодически происходящих на Солнце. Кроме того, на положение границ гелиозон влияет взаиморасположение акваторий и суши, предопределяющее круговорот воды и, стало быть, увлажнение соответствующих территорий. В Южном полушарии земного шара условные границы гелиозон приходится главным образом на акватории Мирового океана, в северном – на континенты, где контрастность гелиозон выражена гораздо ярче по сравнению с водной средой.

Гелиозоны – фундаментальное, глобальное явление – играют решающую роль в дифференциации и структуризации биоразнообразия, обуславливая существование комплексных элементов γ -биоразнообразия – грандбиомов. Они представляют собой общности биоты с очень высокой степенью консолидации не только α - и β -биоразнообразия между собой, но также с косными и биокосными компонентами биогеоценозов. Кроме того, грандбиомы отличаются от всех других категорий биоразнообразия значимостью, наряду с планетарными, еще и космических факторов, прежде всего – солнечной радиации. Она обеспечивает производство первичной биологической продукции посредством фотосинтеза и безбедное существование гетеротрофов, включая человечество.

Грандбиомы под беспокойным прессом космических и глобально-планетарных факторов остаются в динамическом равновесии с внешней средой. Пределы изменчивости грандбиома обозначены набором биогеоценозов геоморфологической катены. Благодаря этому резерву вариабельности любой грандбиом может в случае глобальных катаклизмов менять свою физиономию и свойства в определенных пределах адекватно условиям среды обитания. Благодаря высокому потенциалу изменчивости собственной биоты, грандбиомы способны произвести широкую экспансию с захватом значительных территорий соседних грандбиомов. В результате, на общем фоне оригинальных грандбиомов в местах их переплетения формируются “двуликие янусы” – грандбиомы с универсальными свойствами саванны, лесостепи, ле-

сотундры, полупустыни, получившие статусы экотонных.

Глобальный ранг грандбиомов не исключает различия условий жизни и биоразнообразия на разных континентах. Поэтому число грандбиомов значительно превышает количество гелиозон. Например, на самостоятельность могут претендовать североамериканские прерии, степи Евразии, пампы Южной Америки, вельды Южной Африки, даундленды Австралии и туссоки Новой Зеландии.

Биоразнообразие с позиции биосферного уровня организации живой материи – категория не только земная, но и космическая. Статус биосферы как элемента биоразнообразия можно установить и охарактеризовать лишь в сравнении с другими биосферами, существование которых не исключается, но и не подтверждается сколько-нибудь убедительными аргументами [Тишков, 2005].

В заключение констатируем, что закрепившееся в науке, прикладной экологии и общественном сознании понятие “биоразнообразие” – это не “модная фигура речи” и не произвольное скопище всякой живности, а фундаментальное качество жизни, воплощенное в категориях, отражающих степень агрегации живого вещества и его консолидации с другими состояниями материи.

Категории биоразнообразия в историческом аспекте не исчезали бесследно, исчерпав потенциал своих функциональных возможностей. Они сохранились в биосфере, но не как независимые сущности, существующие параллельно, а встроившись в структуру последующих в эволюции категорий биоразнообразия. В результате сложилась конструкция, устроенная по принципу матрешек, вложенных друг в друга, где каждая последующая во времени категория биоразнообразия, сохранив автономию и значимость прежних, дополняет их новым содержанием. Гарантом надежности многокомпонентной конструкции биоразнообразия служит объединение живой, косной и биокосной материй в композитную категорию.

Среди компонентов биоразнообразия особое место занимают животные с их организацией, более высокой, чем у растений и микроорганизмов. Это преимущество делает их наиболее эффективными индикаторами степени и характера нарушения биоэкосистем. Особенно остро проблема зооидентификации

ощущается в геобиомах мохово-лишайниковых и кустарниковых тундр Заполярья. Они и без человека отличаются хрупкостью инфраструктуры, способностью быстро и необратимо разрушаться, с трудом и подолгу восстанавливаться, что требует повышенной ответственности людей, вторгшихся в них незваными. Контроль за нарастающей дезорганизацией биосферы становится важнейшей задачей теоретической и прикладной экологии в условиях гегемонии неумного человеческого разума.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания № 1021051703452-7-1.6.12; 1.6.19.

Соблюдение этических стандартов

В данной работе отсутствуют экспериментальные исследования человека или животных.

Конфликт интересов

Автор данной работы заявляет, что у него нет конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

- Амирханов А. М., Тишков А. А., Белоновская Е. А. Сохранение биологического разнообразия гор России. М.: МПР России, Институт географии РАН, Проект ГЭФ "Сохранение биоразнообразия", 2002. 78 с.
- Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. Т. 1. М.: Географиз, 1947. 397 с.
- Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. Т. 2. М.: Географиз, 1952. 510 с.
- Биологический энциклопедический словарь. М.: Сов. энцикл., 1986. 660 с.
- Биоразнообразие: Степень таксономической изученности: сб. ст. / ИЭМЭЖ РАН; под ред. В. Е. Соколова, Ю. С. Решетникова. М.: Наука, 1994. С. 4–12.
- Будыко М. И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 328 с.
- Вернадский В. И. Избранные сочинения. Т. V. Биосфера. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 422 с.
- Маргалев Р. Облик биосферы. М.: Наука, 1992. 212 с.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2018. 488 с.
- Мордкович Г. Д. Сукцессии простейших // Сукцессии и биологический круговорот. Новосибирск: Наука, 1993. С. 61–65.
- Мордкович В. Г. Сукцессии зооэдафона: специфика, новации, место и роль среди традиционных постулатов экологии. Новосибирск: СО РАН, 2023. 150 с.
- Напрасникова Е. В. О заселении свободных твердых поверхностей микроорганизмами // Сукцессии и биологический круговорот. Новосибирск: Наука, 1993. С. 36–39.
- Примаков Р. Основы сохранения биоразнообразия. М.: НУМЦ, 2002. 256 с.
- Развитие концепции структурных уровней в биологии. М.: Наука, 1972. 427 с.
- Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 638 с.
- Старобогатов Я. С. О биомах и их классификации // Теория и практика проблем изучения сообществ беспозвоночных. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. С. 17–34.
- Тишков А. А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
- Тишков А. А., Петрова Т. Э. Экосистемный подход к сохранению биоразнообразия на региональном и локальном уровнях // Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2002. С. 267–286.
- Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 327 с.
- Уровни организации биологических систем. М.: Наука, 1980. 104 с.
- Хански И. Ускользающий мир: экологические последствия утраты местообитаний. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 340 с.
- Чернов Ю. И. Экология и биогеография. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 580 с.
- Brändle M., Durka W., Altmöös M. Diversity of surface dwelling beetle assemblages in open-cast lignite mines in Central Germany // Biodiver. and Conservat. 2000. Vol. 9. P. 1297–1311.
- de Deyn G. B., Raaijmakers C. E., Zoomer H. R., Berg M. P., de Ruiter P. C., Verhoef H. A., Bezemer T. M., van der Putten W. H. Soil invertebrate fauna enhances grassland succession and diversity // Nature. 2003. Vol. 422. P. 711–713. <https://doi.org/10.1038/nature01548>
- Stork N. E. Proc. 18-th Int. Congr. Entomol. Vancouver. Abstr. 1988. 174 p.
- World Conservation Monitoring Centre. Global Biodiversity: status of the Earth's living resources. London: Chapman & Hall, 1992. 594 p.

Purpose and design of biodiversity

V. G. MORDKOVICH

*Institute of Systematics and Ecology of Animals of SB RAS
11, Frunze st., Novosibirsk, 630091, Russia
E-mail: mordkovichvg@rambler.ru*

In recent decades, an information boom has arisen around the concept of “biodiversity” in the “whirlpool” of environmental aspects and problems. A negative consequence of its wide popularity has been the vagueness of the semantic content and the shapelessness of the construction of the beloved concept. This has complicated the mutual understanding of specialists in scientific and everyday ecology. Clarifications of the definition of the concept of “biodiversity” and the scope of its use, structuring and connection of its object of interest with evolutionary theory are urgently needed. For this purpose, an ordered system of four structural categories of biodiversity is proposed, embodying the evolutionary potential of the population-species, biocenotic, biogeocenotic and biosphere levels of life organization. The categories of biodiversity are designated by symbols: alpha, beta, gamma, sigma biodiversity. Their emergence and long-term existence are due not only to the complex configuration of ranges that arose due to the capabilities of the biota, but, to a greater extent, to the structural features of the abiotic matrix of the external environment. First of all, modern runoff-water-collecting continental-oceanic and relict basins that have lost their former connection with the World Ocean are important. Such megahabitats, clearly delimited from each other by orographic, hydrological, climatic barriers, contribute to isolation and provide biota with the opportunity to freely choose a set of environmental conditions. However, not all biological species can use them, but only those with a suitable set of preadaptations, capable of getting along with each other and stereotypically reproducing a standard set of biota over a long period of time. Attention is focused on biogeocenoses and their catenary compositions – grandbiomes, confined to heliozones of latitudinal extension and their derivatives – climatic, soil, landscape zones. Biogeocenoses and grandbiomes, as elements of gamma-biodiversity, unlike the previous categories, have the ability to involve in their contact not only living but also inert matter, guaranteeing the transformation of an uncomfortable weathering crust into a comfortable living environment, regulated by the biota at its own discretion. Each evolutionarily subsequent category of biodiversity did not destroy or suppress the previous ones, but mutually incorporated them into its structure. Such a construction resembles a series of nesting dolls, which multiplies the stability of the biodiversity system and its potential, guaranteeing a long-term prolongation of life in time and ubiquity in space of the earth’s surface.

Key words: biodiversity, α -, β -, γ -, Σ -categories of biodiversity, elements of biodiversity, biological species, flora, fauna, consortia, biocenoses, grand biomes, biosphere, runoff and catchment basins, heliobelts.