

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И. Т. Трубилина»

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ  
И СПОСОБЫ ЕГО ОЦЕНКИ**

Учебное пособие

Краснодар  
КубГАУ  
2018

**УДК 574 (075.8)**

**ББК 28.080**

**Б63**

**Рецензенты:**

**С. А. Бекузарова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
(Горский государственный аграрный университет);

**Г. Е. Мерзлая** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
(ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова)

**Коллектив авторов:**

В. В. Корунчикова, И. С. Белюченко, Ю. Ю. Никифорова,  
О. А. Мельник, Д. А. Антоненко, А. А. Теучеж

**Б63 Биоразнообразие и способы его оценки** : учеб. пособие /  
В. В. Корунчикова [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 85 с.

**ISBN 978-5-00097-509-1**

В учебном пособии описаны экологические закономерности применительно к проблемам сохранения биологического разнообразия, даны основные термины и определения, а также методы сбора материала в полевых условиях, методы анализа видового и структурного разнообразия сообществ, методы оценки, сведения о Красных книгах различного ранга.

Пособие предназначено для студентов направления подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование», а также аспирантов и преподавателей, занимающихся проблемами сохранения биоразнообразия.

**УДК 574 (075.8)**

**ББК 28.080**

© ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет имени  
И. Т. Трубилина», 2018

**ISBN 978-5-00097-509-1**

## ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие живых организмов с древних времен является предметом многих исследований, а сам термин «биологическое разнообразие» активно используется не менее полувека. Это направление находится в тесном единстве со многими направлениями исследований: биологическими, географическими, социальными и техническими.

Под биоразнообразием главным образом понимается разнообразие живых организмов, включая всю полноту различных видов животных, растений, грибов, лишайников и микробов. Биологическое разнообразие имеет отношение к разнообразию живого и, как правило, используется для описания их числа, разновидностей и изменчивости. В широком смысле этот термин охватывает множество различных параметров и является синонимом понятия «жизнь на Земле».

Биоразнообразие направлено на формирование знаний о базовых концепциях биоразнообразия и практических навыков в области проблем его сохранения. Задачи биоразнообразия сводятся к изучению существующего на Земле многообразия живых организмов, их роли в природе и практической деятельности человека; формированию знаний в области сохранения биологического разнообразия с учетом основных стратегий его восстановления; овладению методами анализа и оценки биоразнообразия для практического применения в области экологического мониторинга. Очень часто оценка биоразнообразия входит в задачи выполнения природоохранных программ и проектов.

Учебное пособие содержит основные термины и определения, излагает основные экологические закономерности применительно к проблемам сохранения биоразнообразия, методы сбора материала в полевых условиях, методы анализа видового и структурного разнообразия сообществ, методы оценки, сведения о Красных книгах различного ранга.

## ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

**Биоразнообразие** – раздел современной экологии, включающий теоретические и прикладные знания на стыке многих наук:

1) *биогеография*, изучающая особенности распределения животного и растительного мира на земном шаре и своеобразие флоры и фауны в силу климатических, исторических и прочих причин;

2) *систематика*, задачи которой – классификация многообразия живых организмов согласно их родству;

3) *эволюционная биология (экология)* – движущие силы (механизмы) и факторы разнообразия живой природы, а также причины вымирания организмов;

4) *генетика*, в частности популяционная, дающая понятие о материальных основах и размахе изменчивости как основном фундаменте эволюции;

5) *популяционная экология*, изучающая взаимоотношения различных групп организмов внутри популяции вида и между видами, которые лежат в основе устойчивости экосистем и всей биосферы в целом;

6) *биометрия* (раздел математики) математические методы оценки и сравнения биоразнообразия;

7) *охрана природы* – прикладная дисциплина, принимающая во внимание прежде всего научные основы и принципы сохранения биоразнообразия как важнейшей составляющей природы и биосферы;

8) *ресурсоведение* – изучает природные ресурсы, в том числе сырьевые, поэтому тесно связано с экономикой и политикой;

9) *экологический мониторинг* – система прикладных знаний и методов долговременного наблюдения за всеми составляющими окружающей среды, в частности *биомониторинг*, с целью оценки ее состояния и прогноза тенденций развития.

Изучение биоразнообразия – центральная тема современной экологии, поскольку биоразнообразие является основным показателем состояния экосистем и синонимом понятия «жизнь».

**Предмет изучения биоразнообразия (*Biodiversity*):**

1) все живые организмы, существующие на Земле, в том числе невидимые простым глазом микроорганизмы, а также их группировки и сочетания – популяции, сообщества и, включая окружающую среду, экосистемы, роль живых организмов в экосистемах и практике человека;

2) разнообразие всего живого мира: число видов, подвидов, разновидностей, форм, вплоть до мутантных аллелей, и всех абсолютно вариаций изменчивости как между видами, так и между более крупными таксонами;

3) параметры, характеризующие размах изменчивости (степень различий) между живыми объектами различного уровня;

4) способы и методы оценки изменения БР в результате изменения окружающей среды, в том числе при антропогенных воздействиях различного масштаба и качества.

**Цель предмета** – сохранение, восстановление (насколько возможно) и преумножение (насколько необходимо) биоразнообразия и базы биоресурсов.

**Задачи биоразнообразия:**

1) инвентаризация всех форм живых организмов, а также микроорганизмов, особенно в труднодоступных природных местах (горные регионы, высокогорье, тропические леса и т. п.); 2) мониторинг биоразнообразия и прогноз его состояния; 3) изучение закономерностей пространственной и временной динамики биоты; 4) разработка универсальных и специфических, а главное – стандартных методов оценки и сравнения биоразнообразия; 5) охрана на основе фундаментальных знаний биологии и экологии.

### **Значение предмета:**

1) обуславливает стратегическое направление экономики и политики государства, так как биоразнообразие включает в себя *биоресурсы* – та часть биоразнообразия, которая имеет потенциальную и фактическую ценность для человека и может быть не только источником ценного сырья, но и основой для современных патентуемых биотехнологий и устойчивого экономического развития;

2) биоразнообразие – основа жизни на Земле и комфортного существования человека;

3) биоразнообразие – необходимое условие нормального функционирования экосистем и биосферы;

4) служит основой селекции, устойчивости агрикультуры в сельском хозяйстве, биотехнологий;

5) основа для экологического конструирования, т. е. создания искусственных биоценозов;

6) является приоритетным направлением исследований в биологии, биогеографии, палеонтологии, эволюции.

**История предмета.** Уменьшение биоразнообразия на планете – одна из основных проблем современной экологии и важнейшая составная часть глобального экологического кризиса. Проблема активно обсуждается в СМИ, однако процессы биотического обеднения продолжаются, и темпы их возрастают. Человек продолжает рубить сук, на котором сам же сидит. На Всемирном конгрессе по национальным паркам в Индонезии (1982 г.) впервые официально прозвучала мысль о том, что наше поколение, возможно, последнее, которому суждено видеть природу в ее первозданном виде.

Изучением биоразнообразия, по сути, занимались Аристотель, Теофраст в Древней Греции, К. Линней, Ж.-Б. Ламарк в Европе и многие-многие другие ботаники, зоологи, микологи и т. п. Впервые термин «биоразнообразие» употребил английский естествоиспытатель Г. Бейтс («Натуралист на Амазонке», 1892 г.), обнаруживший за 1 час экспедиции 700 видов бабочек. На научном форуме по биоразнообразию (США,

1986 г.) Розен использовал этот термин в научном современном смысле, говоря уже о проблемах биоразнообразия.

Основной программный документ по биоразнообразию – **Конвенция по биоразнообразию (КБР)** (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), на основе которой были проведены многие работы по оценке мирового и национального разнообразия биоты, а также разработано множество международных, национальных и частных программ по сохранению биоразнообразия.

**Основные положения КБР.** В настоящее время описано 1,4 млн видов животных, более 500 тыс. видов растений, но общее число видов по имеющимся оценкам составляет порядка 5 млн. По мнению специалистов, ежегодно исчезает от 10 до 15 тыс. видов, разновидностей и форм (главным образом простейших) организмов. Многие из них исчезают до того, как их успевают описать.

Тропические леса, прибрежные воды тропических стран, зоны коралловых рифов включают в себя до 2/3 всех видов планеты, и они же наиболее уязвимы.

Биосфера – глобальная экосистема и уникальный банк генетических ресурсов, необходимых для успешной селекции, современных биотехнологий, ассортимента лекарственных препаратов и т. д., т. е. в сфере жесткой конкурентной борьбы за приоритеты и экономическую выгоду. Поэтому необходимо признать право каждой страны на ее биоресурсы, но при этом необходима новая модель развития общества – **благополучие всех при сохранении окружающей среды**, т. е. обеспечение экологической безопасности на основе соответствия деятельности и численности человечества законам природы.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Знания каких наук включает БР?
2. Перечислить основные предметы изучения БР.
3. Что является целью и задачами БР?
4. В чем заключается практическое значение БР?

5. Как называется основной документ БР? В каком году и где он был принят?
6. Каковы основные положения Конвенции БР?

### **Тестовые задания**

#### *1. Биоразнообразие изучает ...*

- а) видовое богатство экосистем;
- б) физиологическое состояние организма;
- в) закономерности передачи наследственных признаков организма;
- г) взаимоотношения организмов со средой.

#### *2. Впервые термин «биоразнообразие» употребил ...*

- а) натуралист Г. Бейтс;
- б) учёный В. Розен;
- в) систематик К. Линней;
- г) натуралист Ч. Дарвин;

#### *3. Основной программный документ по БР ...*

- а) Конвенция 1992 г., Рио-де-Жанейро;
- б) Киотский протокол;
- в) Стокгольмская Конвенция 1972 г.;
- г) Стокгольмская Конвенция 2001 г.

#### *4. Впервые вопрос о глобальном значении сохранения природы и биоразнообразия был поставлен ...*

- а) на конференции ООН в Стокгольме 1972 г.;
- б) на конференции ООН в Рио-де-Жанейро 1992 г.;
- в) при принятии Киотского протокола;
- г) при принятии Венской конвенции.

#### *5. Основные положения Конвенции по БР...*

- а) благополучие всех при сохранении окружающей среды;
- б) контроль качества воздуха;
- в) контроль качества воды;
- г) экологическая безопасность на основе соответствия законов общества и природы;

## ГЛАВА 2. АСПЕКТЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

### 2.1 Экологический аспект

**Биоразнообразие – основа устойчивости экосистем и биосферы в целом.**

В течение многих млн. лет жизнь на Земле формировалась как единое целое, поэтому чем разнообразнее биоценоз (при всех прочих равных условиях), т. е. чем больше видов содержит биота экосистемы, тем она устойчивее – принцип буферности. Так, лесные биоценозы являются мощными регуляторами круговорота воды и погодных факторов.

Биосистема – саморегулирующаяся целостность, способная поддерживать гомеостаз при отсутствии постороннего вмешательства. Уничтожение даже одного вида (особенно ключевого) может привести к сдвигу или полной утрате равновесия, при этом возможно усиленное размножение особо патогенных или вредных для человека организмов (вирус СПИДа, колорадский жук, амброзия, дурнишник, пуэрария шерстистая). На основе этого резко возрастает вероятность биологической (биогенной) интервенции (вселения) чужеродных видов и угроза блокировки естественной сукцессионной динамики.

Упрощение биосистемы («серость» биоты) с раскачиванием колебательных процессов может привести к необратимому выходу биосферы из состояния нынешнего, хотя и неустойчивого, равновесия и переходу к более стабильному, но менее комфортному и пригодному для жизни человека примитивному состоянию.

## 2.2 Эволюционно-генетический аспект

**Биоразнообразие – основа селекции, биотехнологий и способности организмов адаптироваться к условиям ОС, т. е. эволюции.** Биоразнообразие является практической основой сохранения полезных с точки зрения человека организмов – аллелей (генов), отвечающих за хозяйственно-ценные признаки, для использования их в селекции, в качестве объекта промысла, возделывания, как источник многих ценных веществ, в том числе лекарственных, или материалов и т. п. Для выведения новых сортов и пород полезных культурных растений и животных необходимы дикие разновидности с ценными аллелями устойчивости к вредителям и болезням, высокой продуктивности и качества сырья и продукции (чилийский картофель, снежный баран и т. п.). При уничтожении или сокращении ареала этих популяций наблюдается явление «генетической эрозии», т. е. частичной или полной утери ценного генетического разнообразия.

Из 80 тыс. известных съедобных растений возделывается только 20 тыс. (примерно 10 %), из 145 пород домашних животных в Европе 115 находятся на грани исчезновения из-за смены пород. В результате теряются ценные достижения селекции, которые так же трудно повторить, как и результаты естественного отбора в природе. Очень большое значение в селекции сортов имеет учение Н. И. Вавилова о центрах происхождения и формообразования культурных растений (11 центров), что облегчает поиски нужных форм для селекции и экспериментальной ботаники, а также хранящаяся в ВИРе (г. Санкт-Петербург) собранная им мировая коллекция культурных растений, насчитывающая более 300 тыс. образцов. Кавказ – родина многих видов и форм пшеницы, ржи, груши, мушмулы, вишни, черешни, айвы, винограда, алычи.

Флористическое богатство Земли очень давно используется человеком как коллектор и источник большого числа видов и форм растений, пригодных для интродукции (введения в

культуру) путем искусственного отбора и гибридизации. Задачи первичной апробации и акклиматизации растений в значительной степени выполняют такие охраняемые природные территории (ОПТ), как ботанические сады, благодаря которым уже с XVI в. в значительной степени был расширен ассортимент культурных, в частности декоративных, растений.

Многие виды исчезают до того, как становятся известными человеку. Барвинок розовый из популяции Западной Индии содержит в 10 раз больше ценного алкалоида, используемого в борьбе против рака, по сравнению с др. дикорастущими и культивируемыми аналогами из др. популяций. Моллюски-беззубки – незаменимые живые фильтры речной воды, где их много, река уже через несколько десятков км ниже по течению больших промышленных городов обретает первозданную чистоту. Южно-американский броненосец, единственное животное, которое наряду с человеком болеет проказой, – неocenim в изучении этой болезни и поиске средств лечения от нее. Морские многощетинковые черви синтезируют нервный яд, эффективно действующий против колорадских жуков. А ведь мы перечислили так мало примеров и только из того, что уже известно! В природе нет вредных или полезных организмов – все они играют свою роль в экосистемах, а возможно, имеют потенциальную пользу для человека. Комар в тундре – «гнус», однако без него страдают насекомоядные птицы, а личинки многих его видов – ценнейший корм для рыбы.

В естественной природе направление и качество естественного отбора зависит от размаха изменчивости (гетерогенности) популяции, которая обуславливает темпы и возможность эволюционных изменений при изменении условий ОС. **Биоразнообразие – результат и основа эволюции.**

## 2.3 Социально-экономический аспект

**Биоразнообразие – богатство ресурсов и основа экономики.** По мере того, как планета обедняется в биологическом отношении, жизнь на ней становится все дороже в экономическом смысле: рыба становится мельче (не говоря об ассортименте и питательной ценности), но дороже; лесоматериалы – уже, короче, но дороже и т. д. Качество жизни падает, а уязвимость государств, континентов и планеты в целом к различным бедствиям становится все большей. Человек вынужден расходовать все больше средств и энергии на защиту от последствий своей же собственной деятельности. Постоянно существует антагонизм между экологами и экономистами, разрешить который можно только путем разумного компромисса между сиюминутной, пусть и большой выгодой, и будущим для наших потомков.

Исследования биологов уже в конце позапрошлого века привели к осознанию *исчерпаемости* живых природных ресурсов, их уязвимости перед натиском развивающейся цивилизации, однако следует понимать, что сам человек является неотъемлемой частью природы. И речь идет не о выборе между нетронутой природой и людьми, а о выборе между обеспеченным ресурсами или доведенном до нищеты существовании самого человека. А ведь предельная емкость биосферы, при которой не нарушается и не деформируется окружающая среда и которая составляет всего 1 % от первичной биологической продукции, была перекрыта человечеством уже в начале XX в., т. е. человечество уже второй век как переступило порог устойчивости биосферы. Идея устойчивого развития при сохранении биоразнообразия – основная тема Международной конвенции по биоразнообразию, принятой в Рио-де-Жанейро в июне 1992 г. на Конференции ООН по окружающей среде и развитию.

## 2.4 Гуманно-этический аспект

**Сохранение биоразнообразия – фундамент экологического мышления.** Степень развития цивилизации измеряется не только числом энергии, производимой и потребляемой человечеством, но и сводом моральных и духовных критериев и мудростью людей, способных не только двигать цивилизацию вперед, но и обеспечить ее долговечность в наиболее благоприятной для ее процветания среде в полной гармонии с природой, от которой человек никогда не освободится.

А. Швейцер (1875–1965), врач, философ, лауреат Нобелевской премии мира, критиковал господство технократии и скептицизма, приводящее к духовному банкротству цивилизации, когда другими словами (П. Капица) «душа отрывается от тела».

Швейцеру принадлежит этический принцип «благоговения перед жизнью», который он считал нормой универсальной космической этики: «Поистине нравственен человек только тогда, когда он повинуетя внутреннему побуждению помогать любой жизни, которой он может помочь, и удерживается от того, чтобы причинить живому какой-либо вред ... Для него священна жизнь как таковая ... Он не сорвет листочка с дерева, не сломает ни одного цветка и не раздавит ни одного насекомого... там, где я наношу вред какой-либо жизни, я должен ясно осознать, насколько это необходимо».

Подобные мысли высказывались многими другими мыслителями и поэтами. В. Шекспир: «Ничтожный жук, раздавленный ногой, такое же страданье ощущает, как с жизнью расстающийся гигант». Т. Эллиот: «Не тронь цветок, чтоб не качнуть звезду и не нарушить мирозданья».

Человек, как наиболее разумное создание природы («зеркало природы» – «бедное сумасшедшее зеркало, которое возомнило себя миром, а на самом деле лишь отражает его»), должен усвоить важную составляющую экологического мышления: нет полезных или вредных организмов, все они созда-

ния природы и имеют одинаковые права на жизнь. Все обитатели планеты Земля связаны узами родства и одной судьбой и имеют право на существование, исчезновение какого-либо вида свидетельствует о неблагополучии, угрожающем и другим видам.

## **2.5 Психолого-эстетический аспект**

**Биоразнообразие является источником духовного богатства человека и основой его физического и психического здоровья.** Многие естествоиспытатели, в частности В. И. Талиев и В. В. Докучаев, говорили о необходимости сохранения эталонов природы для науки и человека, называя их «островами прошлого в океане настоящего». Природа дарит человеку сложную совокупность ощущений, сознательных и бессознательных переживаний высшего порядка – о потоке жизни и связях с прошлыми веками. Красота ландшафта является основой духовного богатства. Данные идеи легли в научную основу создания заповедных территорий.

Разнообразие ОС благоприятно влияет на психику, эмоциональное и физическое состояние человека, обеднение приводит к неосознанным стрессам и депрессиям.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Сущность экологического аспекта сохранения БР.
2. Дать определения биологическим системам.
3. БР как основа эволюции и селекции. Приведите примеры.
4. Охарактеризуйте социально-экономический аспект сохранения БР.
5. Назовите особенности гуманно-этического и психолого-эстетического аспекта сохранения БР.

## Тестовые задания

1. Экологический аспект сохранения БР ...

- а) сохранение устойчивости экосистем и биосферы;
- б) сохранение основ биотехнологий и адаптации организмов;
- в) сохранение богатства биоресурсов как основы экономики;
- г) основа экологического мышления.

2. Эволюционно-генетический аспект сохранения БР ...

- а) сохранение устойчивости экосистем и биосферы;
- б) сохранение основ биотехнологий и адаптации организмов;
- в) сохранение богатства биоресурсов как основы экономики;
- г) основа экологического мышления.

3. Социально-экономический аспект сохранения БР ...

- а) сохранение устойчивости экосистем и биосферы;
- б) сохранение основ биотехнологий и адаптации организмов;
- в) сохранение богатства биоресурсов как основы экономики;
- г) основа экологического мышления.

4. Гуманно-этический аспект сохранения БР ...

- а) сохранение устойчивости экосистем и биосферы;
- б) сохранение основ биотехнологий и адаптации организмов;
- в) сохранение богатства биоресурсов как основы экономики;
- г) основа экологического мышления.

5. Психолого-эстетический аспект сохранения БР ...

- а) сохранение устойчивости экосистем и биосферы;
- б) сохранение основ биотехнологий и адаптации организмов;
- в) сохранение богатства биоресурсов как основы экономики;
- г) основа духовного и физического здоровья человека.

## ГЛАВА 3. УРОВНИ И ТИПЫ (КЛАССИФИКАЦИЯ) БИОРАЗНООБРАЗИЯ

### 3.1 Уровни биоразнообразия

Уровни разнообразия основаны на различных подходах к оценке биоразнообразия.

**По соответствию уровням структуры и изучения живой материи** выделяют: генетический, видовой, экосистемный.

*Генетический уровень* связан с такими явлениями, как изменчивость, полиморфизм, гетерозиготность генотипа, гетерогенность популяции. Генетическое разнообразие определяется всего 4 азотистыми основаниями в нуклеотидах ДНК и РНК, варьирование которых составляет триплетный генетический код белковой основы жизни на Земле.

Определенная линейная последовательность нуклеотидов в генах – участках хромосом (макромолекулы ДНК) – несет огромную информацию, заключенную в генотипе особи. Так, генотип человека состоит из 46 (23 пары) хромосом, насчитывающих только смысловых (кодирующих аминокислоты) генов порядка 30 тыс. Это всего лишь крошечная часть информации – не более 3–5 % (по другим данным – всего 1 %) генотипа, о которой мы более или менее знаем. Каждый ген-локус представлен у организмов с половым размножением 2 аллелями, которые могут различаться по проявлению в фенотипе. Различие аллелей – основа гетерозиготности, т. е. потенциальной изменчивости особи в виде рекомбинаций при скрещивании. В этом случае изменчивость проявляется в результате полового процесса и очень велика – для человека составляет 2 в степени 23, т. е. астрономическую величину.

Фенотип – реальное проявление генотипа, зависит от взаимодействия генов, стадии онтогенеза особи и от условий окружающей среды, но его можно сравнить с верхушкой айсберга, поскольку громадная часть информации скрыта в гено-

типе и не проявляется. Даже в случае полной идентичности генотипа (при бесполом размножении, у однойцовых близнецов) условия развития и среды по-разному влияют на проявление нормы реакции, заложенной в генотипе.

Новые генетические вариации, кроме рекомбинаций и нормы реакции, могут возникать в результате мутаций – резкого и спонтанного изменения последовательности нуклеотидов (генные мутации) или изменения хромосом и их набора (хромосомные и геномные мутации). Мутации, изменяя частоту аллелей в популяции, являются причиной появления новых форм, полиморфизма (например, группы крови АВ0 у приматов и человека, половой диморфизм и другие примеры) внутри популяций одного вида, играют важную роль в эволюции и видообразовании. Среднее фоновое число мутаций составляет от 30 до 50 % на многоклеточную особь.

Генотипы особей популяции и в целом вида составляют генофонд как совокупность всех вариаций генов определенного таксона, генетическая гетерогенность (разнообразие) которого определяет резерв изменчивости популяции (вида) и лежит в основе их адаптационных возможностей. Множество генетических вариаций осуществляется посредством селекции, поэтому потеря генофонда даже одного вида приводит к безвозвратной потере от 1 до сотен тыс. генов-аллелей с неизвестными потенциальными свойствами (генетическая эрозия).

Таким образом, единицей генетического разнообразия является единица генетического кода, кодирующая одну аминокислоту.

**Видовое разнообразие** является обычно синонимом термина «биоразнообразие», так как вид рассматривается в большинстве случаев как опорная (базовая, основная) единица учета биоразнообразия. В частности под ним понимается видовое богатство, или число видов, в определенной экосистеме или биотопе. Базы разнообразной информации об организмах всегда привязаны к определенным видам, а вид должен иметь четкое положение в таксономической системе. Сведения о

биологии и экологии вида необходимы для выработки и применения необходимых мер по его охране в природе или в культуре. Таксономические списки являются контролирующими при мониторинге биоразнообразия и составлении Красных книг.

Отдельная особь не может служить такой единицей, поскольку смертна и не представляет интереса для эволюции (важен другой вопрос: способна ли она передать свои ценные признаки потомкам). Исключением могут быть так называемые исторические или священные деревья, которые берутся под охрану как памятники природы.

*Состояние современного биоразнообразия.* В настоящее время насчитывается порядка 2 млн видов: численность наиболее крупных царств составляет примерно 400 тыс. видов растений, 100 тыс. видов грибов, 1,5–2 млн видов животных. Однако по оценкам специалистов видов гораздо больше: от 5 до 10 млн. Такие большие расхождения объясняются тем, что инвентаризация видов до сих пор не закончена. Примерно 2/3 видового разнообразия сосредоточено в сельве Амазонки и др. тропических лесах планеты, недостаточно изучено биоразнообразие коралловых рифов, высокогорий, глубоководных областей мирового океана, а также сравнительно мало известны микромир составляющих ландшафта – и из-за особенностей изучения, и из-за скорости эволюции обычно гаплоидных одноклеточных форм жизни.

Несмотря на то, что виды являются основными реальными объектами охраны, однако природоохранная деятельность не должна и не может строиться только по таксономическому признаку, поскольку виды, взаимно дополняя друг друга, образуют биотические ядра экосистем различного уровня. Таксономическое биоразнообразие слишком велико для охвата охранными списками, к тому же, как уже говорилось, чем богаче биота, тем большая ее часть остается без защиты. Поэтому приоритетной должна быть комплексная защита экосистем (биогеоценозов).

**Экосистемное разнообразие** нашей планеты очень велико: от ледяных полярных пустынь и лесов до коралловых рифов и открытого океана. Экосистемное разнообразие можно оценивать 1) через видовое разнообразие, 2) по функциональным признакам и 3) структурным (Одум, 1986): видовой список, относительное обилие видов, разнообразие территории или биотопа, биомасса отдельных таксонов или трофических групп и т.д. Экосистема с одинаковым числом видов будет более разнообразной при более богатых трофических связях.

### **3.2 Типы классификации биоразнообразия**

Различают также, в зависимости от целей исследования и задач мониторинга, таксономическое, типологическое, биохорологическое и структурное типы БР (обычно внутри экосистем). Они тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга.

*Таксономическое биоразнообразие* – практически полный аналог видового, поскольку каждый вид входит в какие-то таксоны более высокого ранга: род, семейство и т. п. вплоть до царств. Данный уровень в первую очередь касается филетического родства. Таксономическое биоразнообразие включает в себя и генетический уровень: популяции, разновидности, подвиды, расы, штаммы, мутантные формы.

*Типологическое* разнообразие не сводится к учету группировок по родству, а включает другие признаки: функциональные, географические, экологические, синэкологические и т. п., например: жизненные формы, стратегии жизни, ценотипы, типы метаболизма, сукцессионный статус и др.

Таксономическое и типологическое разнообразие оцениваются только вместе обычно одним систематическим списком, где фундаментальной единицей выступает вид, к которому «привязаны» разные типологические данные: они дополняют друг друга и по отдельности малоинформативны.

*Биохорологическое* БР – разнообразие сочетаний организмов определенных территорий, выделов, частей биосферы (др. словами – БР сообществ), которое подразделяется по территориальным уровням. *Хорология* – наука об ареалах, раздел био (фито-, зоо-) географии (наиболее объективные источники информации об ареалах – гербарные и пр. коллекции).

Разнообразие сообществ отражает 1) разнообразие местоположений: элементов рельефа с определенным составом почв и почвообразующих пород, 2) разнообразие сукцессионных стадий. Выделяют 2 нижних опорных уровня и один верхний уровень биохорологического разнообразия:

- уровень сообщества: экотоп (или биотоп); фация (в ландшафтоведении форма микрорельефа), биогеоценоз;
- уровень элементарной региональной биоты;
- верхний уровень согласно иерархии выделов биогеографии: округ, провинция, область (не всегда могут совпадать границы из-за различных критериев районирования).

Опыт геоботаники и флористики свидетельствует о том, что с расширением площади учета видового уровня БР наступает момент, когда прирост числа видов резко замедляется и даже временно прекращается. Причина заключается или в исчерпании видового разнообразия в рамках однородного протяженного экотопа, или когда состав всех экотопов на протяжении данного ландшафта выявлен достаточно полно и при едином микроклимате, исчерпании разнообразия местоположений и постоянстве др. условий окружающей среды выявляется *элементарная (конкретная) флора*. Это понятие и очень удобный метод для сравнительного изучения флор, обеспечивающий наилучшую сопоставимость и равноценность количественных показателей. Элементарная флора определяется совокупностью видов растений, имеющих общее историческое формирование на ограниченной площади – от 100 до 1 тыс. км<sup>2</sup>. Локальная флора биомов рассчитывается обычно на 100 км<sup>2</sup> и составляет для полярной пустыни – 20–30 видов, для Арктической тундры – 70–100, лесостепей – до 1 тыс. видов.

На основе элементарных флор осуществляется флористическое районирование Земли, а также фаунистическое районирование в пределах региона без учета геологического и генетического родства.

В зависимости от уровня выделов выбирается уровень единиц БР, например: 1) вид как основная единица учета, однако различные стадии жизненного цикла или разные жизненные формы одного и того же вида часто занимают разные местообитания и экологические ниши, внося тем не менее свой вклад в общий уровень БР; 2) на уровне сообщества имеет смысл выделять консорции (группы организмов, тесно связанных трофически или топически, например обитатели пня, дерева и т. п.), синузии (часть биоценоза из экологически близких форм, например ярус в лесу), парцеллы (обычно – группа организмов, связанных спецификой связей и материально-энергетического обмена, например дуб + сныть, ель + кислица; у животных – дем), ценочейки и даже временно складывающиеся эфемерные группировки особей; 3) на крупных выделах важна бывает оценка изменений в геологическом времени, поэтому допустимы более крупные таксономические категории, а в палеонтологии заменой вида может выступать *фратрия* (отдельная «веточка» эволюции вплоть до филума).

Структурное БР – разнообразие способов распределения одновременно представленных в сообществе организмов, является следствием и характеризуется следующими параметрами:

– зональность: горизонтальная разобщенность в виде вертикальной на равнинах или горизонтальной поясности в горах или литоральной зоне;

– стратифицированность: вертикальная слоистость, например, ярусность или почвенные профили;

– периодичность: характер активности, например сезонные явления;

– структурно-трофический: пищевые сети;

- репродуктивный: ассоциации родителей и потомства, клоны растений и т.п.;
- социальный: этологические структуры типа семей, стай, прайдов, табунов и т.п.;
- симбиотические связи: конкуренция, антибиоз, мутуализм и т.д.;
- стохастические структуры: результат действия случайных факторов, например растения-адвентики.

### **3.3 Система категорий Уиттекера**

Эта система классификации (1960) представляет собой иерархию базовых уровней БР в зависимости от величины экосистемы и аспектов исследований.

*Альфа-разнообразие* (видовой уровень) – разнообразие внутри местообитания или одного сообщества, в том числе точечное; в узком смысле и чаще всего – видовое богатство, или число видов, могут быть использованы и др. единицы: мутантные формы, жизненные формы и т. д.

*Бета-разнообразие* (ценотический уровень) – разнообразие между местообитаниями, изменение видового состава вдоль градиента среды, в том числе создаваемого антропогенным воздействием; учет мозаичности распределения видов; наиболее показательно при сравнении контрастных местообитаний – между водоразделами, интразональными элементами ландшафта.

*Гамма-разнообразие* (ландшафтный уровень) – разнообразие в обширных регионах: биомы, континенты, острова и т. д.; основа учета – ландшафтный профиль, или катена; используется чаще всего при биогеографических, экологических и историко-эволюционных аспектах исследования.

*Дельта-разнообразие* – определяется изменениями климатических факторов: смена растительных зон, провинций и т. п.

*Эпсилон-разнообразие* – разнообразие различных биомов или крупных регионов, или уровень конкретных флор, – глобальный градиент БР в системе зонально-поясных биомов.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите и охарактеризуйте уровни БР.
2. Дайте определение таксономическому, типологическому и биохорологическому БР.
3. Какие уровни биохорологического БР выделяют?
4. Что такое структурное БР? Перечислите основные параметры структурного БР.
5. Какие уровни БР включает система категорий Уиттекера?

### **Тестовые задания**

1. Уровни биоразнообразия ...
  - а) генетический;
  - б) клеточный;
  - в) организменный;
  - г) популяционный;
  - д) видовой;
  - е) экосистемный.
2. Типы биоразнообразия ...
  - а) таксономический;
  - б) типологический;
  - в) тропический;
  - г) бореальный;
  - д) биохорологический;
  - е) циркумполярный;
  - ж) структурный.
3. Таксономический тип БР включает ...
  - а) виды, подвиды, расы, штаммы;
  - б) жизненные формы, цено типы, стадии сукцессии;

- в) ареалы, экотопы, биоценозы;
- г) ярусность, трофические цепи, типы симбиоза.

4. Типологическое БР включает ...

- а) виды, подвиды, расы, штаммы;
- б) жизненные формы, ценотипы, стадии сукцессии;
- в) ареалы, экотопы, биоценозы;
- г) ярусность, трофические цепи, типы симбиоза.

5. Биохорологическое БР включает ...

- а) виды, подвиды, расы, штаммы;
- б) жизненные формы, ценотипы, стадии сукцессии;
- в) ареалы, экотопы, биоценозы;
- г) ярусность, трофические цепи, типы симбиоза.

6. Структурное БР включает ...

- а) виды, подвиды, расы, штаммы;
- б) жизненные формы, ценотипы, стадии сукцессии;
- в) ареалы, экотопы, биоценозы;
- г) ярусность, трофические цепи, типы симбиоза.

7. Элементарная, или конкретная, флора ...

- а) историческая совокупность видов на определенной площади;
- б) зональная совокупность видов;
- в) совокупность видов биома;
- г) совокупность видов экосистемы.

8. Локальная флора биомов рассчитывается обычно ...

- а) на  $100 \text{ км}^2$ ;
- б) на  $1 \text{ м}^2$ ;
- в) 1 тыс.  $\text{км}^2$
- г)  $25 \text{ м}^2$ .

9. Локальная флора полярной пустыни насчитывает обычно ... видов

- а) 20–30;
- б) 70–100;
- в) до 1 тыс.;
- г) более 1 тыс.

10. Локальная флора Арктической тундры насчитывает обычно ... видов

- а) 20–30;
- б) 70–100;
- в) до 1 тыс.;
- г) более 1 тыс.

11. Локальная флора лесостепей насчитывает обычно ... видов

- а) 20–30;
- б) 70–100;
- в) до 1 тыс.
- г) более 1 тыс.

12. Локальная флора тропиков насчитывает обычно ... видов

- а) 20–30;
- б) 70–100;
- в) до 1 тыс.;
- г) более 1 тыс.

13. Система категорий Уиттекера включает ...

- а) альфа-, бета-разнообразие;
- б) дельта-, гамма-БР;
- в) эpsilon-, альфа-БР;
- г) дельта-, эpsilon-БР.

15. Альфа-БР соответствует ...

- а) разнообразию местообитания или сообщества;
- б) градиенту изменения БР по градиенту условий ОС;
- в) ландшафтному уровню биомов, континентов, островов;
- г) уровню конкретных флор.

## ГЛАВА 4. КРАСНЫЕ КНИГИ

### 4.1 История создания Красных книг

МСОП (Международный союз охраны природы и природных ресурсов) (IUCN), действующий с 1948 г. и в РФ с 1991 г., опубликовал в 70-е гг. по инициативе WWF (фонд охраны диких животных) в форме особого кадастра аннотированный список животных, исчезнувших с 1600 по 1974 годы. В этот список вошло 894 вида: 63 вида и 55 подвидов млекопитающих, из них 23 вида – грызуны, сумчатые, насекомоядные. 64 вида птиц и 8 видов млекопитающих утеряны безвозвратно (тур, тарпан, стеллерова корова). Список видов, нуждающихся в охране и защите, получил название «красной книги» (КК). КК – не закон об охране животных, а свод фактов, собранных учеными (Комиссия по редким видам работала 14 лет) и показывающих состояние численности того или иного вида.

КК информирует, призывает, предупреждает, советует и требует непрерывной работы по изучению биоты, но в то же время является основой природоохранных законов и актов и других государственных документов. Вид, который исчез («черные страницы»), уже не возродишь, но многое можно поправить, если вовремя заметить. Так, благодаря КК появились «зеленые страницы»: удалось сохранить и вывести из опасного состояния южно-американского вигоня, горного бизона (Кавказ), коалу, лейсана-чирка (Гонолулу), лебедей-шипунцов (Прибалтика и Прикаспий). КК неоднократно переиздавалась в разных форматах и рассылалась специалистам и государственным деятелям разных стран.

В настоящее время Международная КК насчитывает 6 томов и включает: животные – все виды отряда Силеновые (ламантины, дюгоны), семейств Руконожковые (Мадагаскар, примерно 10 видов), Лемуровые, Индриевые, Человекообразные обезьяны (горилла, шимпанзе), 5 видов носорогов, карли-

ковый бегемот, многие виды черепах (особенно морские и кожистые), гангский гавиал и др.; растения – 250 таксонов, 20 тыс. видов (примерно 10% мировой флоры): виды эвкалипта, зизания техасская, замия флоридская, 2 вида драконова дерева (реликты Африки), алоэ многолистное (эндемик Южной африки), агава арizonская, орхидные (17 тыс. видов из 20–30 тыс. описанных), многие виды пальм.

КК СССР вышла в 1978 г. в связи с Генеральной ассамблеей МСОП в Ашхабаде. В ее издании приняли участие 18 известных советских зоологов и ботаников. КК включала 62 вида и подвида млекопитающих, 63 вида птиц, 8 видов амфибий и 21 вид рептилий, а также 444 вида сосудистых растений (сосна пицундская, ковыли, женьшень, водяной орех чилим и др.). Параллельно возникали КК различных регионов России. Так, КК Краснодарского края (1994 г., под ред. Нагалеvского) включала 157 видов растений и 100 видов животных, многие из которых уже числились в КК государства и мира.

В КК каждый вид или разновидность имеют свою категорию (статус) соответственно степени редкости или угрозы исчезновения. Категории не всегда совпадают: во-первых, по причине разного состояния популяций в разных регионах (объективная причина), а во-вторых, из-за различий в самих рангах, принятых в разных книгах. Однако общая тенденция – чем ниже статус, тем хуже состояние вида (популяции).

Так, в КК Краснодарского края приняты следующие категории: 0 – по-видимому, исчезнувший вид (папоротник чистоуст величавый); 1 – исчезающие, находящиеся под угрозой непосредственной опасности, нуждающиеся в специальных мерах охраны; 2 – редкие уязвимые, без прямой угрозы исчезновения, но либо эндемики, либо узкоспециализированные (болота, каменные осыпи); 3 – сокращающие ареал и(или) численность, но восстановление которых возможно; 4 – неопределенные, о которых нет достаточных или достоверных сведений; 5 – восстанавливаемые и восстановленные, нужда-

ющиеся в мониторинге. Практически те же категории приняты и в КК РФ и других регионов.

Международные категории редкости: **EX** – исчезающие; **EV** – исчезающие в дикой природе; **CR** – **критическое состояние**; **EN** – **опасное состояние**; **VU** – **уязвимые** (жирным шрифтом выделены категории видов, находящихся под угрозой исчезновения); **CD** – зависимые от условий сохранения; **NT** – близкие к уязвимому положению; **LC** – возможная угроза; **DD** – недостаточно данных; **NE** – данные отсутствуют.

## 4.2 Принципы составления Красных книг

Основой для составления списков редких и исчезающих видов служат:

- 1) материалы по инвентаризации видов;
- 2) данные по исследованию и наблюдениям за каждым видом в отдельности (биология и аутоэкология вида);
- 3) различные публикации на основе исследований;
- 4) списки, в т.ч. необязательно опубликованные, и рекомендации ботанических и зоологических учреждений, краеведов, отдельных ботаников и зоологов, охотников и всех заинтересованных лиц.

Таким образом, нередко эмоции преобладают над фактической документацией, а последней часто не хватает. Поэтому, к сожалению, часто наблюдаются такие закономерности: 1) чем мельче и незаметнее вид, тем меньше вероятность его попадания в КК; 2) чем больше видовое богатство, тем меньше вероятность полного и объективного охвата всех видов и форм, нуждающихся в охране.

И все же существуют некоторые общие принципы составления КК:

- 1) в общегосударственный список включают прежде всего виды общегосударственного значения, а виды, редкие на данной территории или в регионе, включаются в местные ре-

гиональные списки и подлежат охране на данной территории, что не уменьшает важности их сохранения именно здесь в силу своего собственного сложившегося генофонда;

2) предпочтение отдается эндемичным и особо редким видам, но в случае непосредственной угрозы – в первую очередь реально или потенциально хозяйственно-ценным видам (солодка, стерлядь);

3) дикорастущие декоративные и лекарственные виды;

4) учитываются интенсивность хозяйственной деятельности и степень освоения территории;

5) для облегчения природоохранных мероприятий и в силу сходной полезности близких видов включаются иногда не отдельные виды, а целая группа близких видов или родов или даже семейств (орхидные, осетровые и т. п.).

Негативная сторона КК, которая ограничивает их широкое распространение, – доступность информации о видах, ценность которых резко возрастает в связи с редкостью, для охотников-браконьеров, контрабандистов, коллекционеров и т.п. лиц. Чем дороже какой-либо вид или его продукция, тем больше опасность полного исчезновения. Так, известен парадоксально-анекдотический случай, когда группа музейных работников, узнав о редкости популяции чаек, поспешила набрать материал для чучел и практически полностью уничтожила эту немногочисленную популяцию. Во всем мире процветает торговля редкими экзотическими растениями и животными.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое КК?
2. Сколько томов насчитывает Международная КК и что включает?
3. Какие существуют международные категории редкости?

4. Что служит основой составления списков редких и исчезающих видов?
5. Какие существуют общие принципы составления КК?
6. Какие закономерности наблюдаются при составлении КК?
7. Какие категории приняты в КК Краснодарского края?
8. Какая общая тенденция применялась при составлении КК?
9. Как расшифровывается МСОП?
10. Негативная сторона КК?
11. В каком году вышла КК СССР?

### **Тестовые задания**

1. Красная книга является ...
  - а) статусным списком уязвимых видов;
  - б) законодательным актом;
  - в) программой по охране природы;
  - г) законом о защите редких видов.
2. Красные книги появились по инициативе ...
  - а) МСОП и фонда охраны диких животных;
  - б) фонда охраны диких животных и ВОЗ;
  - в) ВОЗ и ООН;
  - г) ООН и ЮНЕСКО;
3. Красные книги появились по инициативе организаций...
  - а) IUCN и WWF;
  - б) WWF и WHO;
  - в) WHO и UN;
  - г) UN и UNESKO.
4. Первое издание международной Красной книги было опубликовано в ... году
  - а) 1963;
  - б) 1978;

в) 1994;

г) 1948.

5. Первая Красная книга СССР была опубликована в ... году

а) 1963;

б) 1978;

в) 1994;

г) 1948.

6. Первая Красная книга Краснодарского края была опубликована в ... году

а) 1963;

б) 1978;

в) 1994;

г) 1948.

7. Статус вида в Красной книге означает ... вида

а) категорию редкости;

б) промысловое значение;

в) ранг обилия;

г) происхождение.

8. Статус вида в Красной книге означает ... вида

а) степень угрозы исчезновения;

б) промысловое значение;

в) ранг обилия;

г) происхождение.

9. Уязвимыми видами являются ...

а) промысловые;

б) исчезающие;

в) адвентики;

г) интродуценты;

д) эндемики;

е) автохтоны;

ж) редкие.

10. Низкий статус вида означает...

а) наиболее высокую угрозу исчезновения;

б) нормальное состояние популяций;

- в) снижение встречаемости в пределах ареала;
- г) большой объём промысла.

11. Высокий статус вида означает...

- а) наиболее высокую угрозу исчезновения;
- б) нормальное состояние популяций;
- в) снижение встречаемости в пределах ареала;
- г) большой объём промысла.

12. В международной Красной книге приняты ... обозначения статуса вида

- а) буквенные коды;
- б) числовые от 0 до 6;
- в) словесные коды;
- г) цветовые.

13. В региональных Красных книгах приняты ... обозначения статуса вида

- а) буквенные коды;
- б) числовые от 0 до 6;
- в) словесные коды;
- г) цветовые.

14. Чем ниже статус вида, тем ...

- а) хуже состояние популяции (-ий);
- б) тем лучше состояние популяции (-ий);
- в) тем выше встречаемость в пределах ареала;
- г) тем ниже категория редкости.

15. Чем выше статус вида, тем ...

- а) хуже состояние популяции (-ий);
- б) тем лучше состояние популяции (-ий);
- в) тем выше встречаемость в пределах ареала;
- г) тем ниже степень редкости.

16. Объективной основой для составления Красных книг служат ...

- а) данные обследований биологов;
- б) рекомендации фармакологов;
- в) советы любителей природы;
- г) рассказы охотников;

- д) материалы по инвентаризации видов;
- е) рекомендации ботанических и зоологических учреждений.

17. Общие принципы составления Красных книг ...

- а) учёт эндемиков и реликтов;
- б) охрана декоративных сортов;
- в) сохранение интродуцентов;
- г) охрана автохтонной биоты;
- д) учёт ценных промысловых видов при интенсивной хозяйственной деятельности;
- е) учёт декоративных и лекарственных видов при высоком освоении территорий.

18. Причина охраны вида при его редкости в отдельном регионе ...

- а) уникальный генофонд;
- б) высокая декоративность;
- в) историческая значимость;
- г) эмоции краеведов;
- д) уникальность популяции в условиях изоляции.

## ГЛАВА 5. ФАКТОРЫ ГИБЕЛИ ЖИВОТНЫХ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА

### 5.1 Факторы, связанные с физическим и биологическим загрязнением окружающей среды

К таким факторам относятся *скорость, свет фар, новые автодороги, сельхозтехника, шум* от автотранспорта. На дорогах мира при столкновении с машинами, особенно в ночное время, ослепленные светом фар, погибает несколько сотен млн. диких животных, чаще всего дикие копытные (косули, лоси, кабаны, олени), а также мелкие – лисы, зайцы, ежи и даже птицы вплоть до воробьиных. В цивилизованных странах для предупреждения устанавливают специальные знаки и применяют штрафные санкции при их нарушении.

При механизированных полевых работах, особенно при скашивании трав, уборке, если режущая аппаратура прилегает вплотную к земле, гибнет до 70–100 % животных: заяц-русак, серая куропатка, перепела, коростель, а также молодняк дикой лесной и полевой фауны. Гибель дичи может в 10 раз превышать потери от охоты. При уборке зерновых хедер комбайна приподнят и под ножи попадают взлетающие и убегающие животные. По рекомендациям С. Г. Мануша запрещены скашивание и уборка «взагон» и предлагаются приемы обработки почвы «вразгон» или «расширенным прокосом».

В местах гнездования птиц рекомендуются выборочное скашивание травы, не затрагивая гнездовой, задержка работ соответственно сроку вылета выводковых птиц и косьбу по направлению к водоему, оставляя на мелководье нескошенные участки тростника.

Существенный фактор беспокойства – шум, создаваемый работающей техникой, что приводит к сокращению численности популяций животных. Особенно негативное воздействие оказывают взрывные работы, в частности в море.

**Линии электропередач (ЛЭП)** – массовая гибель птиц, особенно в местах пролета (Ставрополье, Калмыкия). Очень опасны для птиц, особенно с высокой скоростью полета и большим размахом крыльев (орлы, беркуты), маяки, телеграфные и телефонные линии, опорные столбы и т. п., а также газовые факелы в местах нефтедобычи.

**Инфекционные патологии**, т.е. болезни диких теплокровных животных. Эпизоотии среди диких животных возникают редко из-за большей естественной устойчивости и меньшей скученности по сравнению с домашними, однако при перекрывании пастбищ такое возможно и протекает очень остро и часто заканчивается массовой гибелью, так как дикие животные предоставлены сами себе. Многие возбудители поливекторны (опасны и для человека), латентны (накапливаются в ОС и долгое время не проявляют себя), переносятся членистоногими, в частности кровососущими, грызунами, птицами, транспортом, могут передаваться через зараженные стоки с ферм либо алиментарные цепи или остатки боен.

Примеры инфекционных заболеваний: бруцеллез (в неблагоприятных хозяйствах собаки поголовно заражены через грызунов и остатки боен), листериоз, лептоспироз (заражение воды через отходы свиноводческих комплексов, опасен для всех теплокровных, эндемические очаги на Кубани), сибирская язва (споры сохраняются в почве до 50 и 100 лет, при раскапывании возможна резкая вспышка гибели – в Африке в одном из национальных парков по этой причине в 60–70-е годы погибло более 1,5 тыс. диких животных), рожа свиней (сточная вода с ферм, могут болеть дельфины), туберкулез (очень опасен для приматов в зоопарках), чума крупного рогатого скота (в Африке уничтожает до 60 % копытных, очаги сохраняются и в Европе), ящур (могут переносить синантропные птицы), бешенство (очень опасно для человека, поэтому необходима вакцинация домашних животных и борьба с беспризорными, природные очаги постоянно сохраняются), боту-

лизм (цветение воды в анаэробных щелочных условиях, часто гибнут водоплавающие птицы – лебеди и др.).

## **5.2 Факторы, связанные с химическим загрязнением окружающей среды**

К таким факторам относятся искусственные поллютанты (ксенобиотики): минеральные удобрения, пестициды, отходы промышленности (тяжелые металлы (ТМ), оксиды, фенолы, СПАВ, радионуклиды, нефть и нефтепродукты, цементная пыль, пластиковый мусор и т. д.). Эти вещества действуют на все важные функции организма, в том числе репродуктивные, вызывают острое или хроническое отравление, имеют канцерогенный, мутагенный, эмбриотоксический эффекты, приводят к необратимым последствиям.

Большинство ТМ находится в организме в качестве необходимых компонентов биологически активных веществ на естественном уровне, необходимом для нормальной жизнедеятельности, однако повышение их количества в ОС приводит к превышению допустимых, безопасных для здоровья концентраций и накоплению в организме. Наиболее опасна триада ТМ: свинец, кадмий, ртуть, поскольку роль их для организма неясна и нормальное их количество должно соответствовать фоновым в компонентах ландшафта, в противном случае в силу высокой токсичности этих металлов возникают различные патологии вплоть до летального исхода.

*Свинец* – основным источником является автотранспорт, при этом происходит аккумуляция элемента в траве и далее по пищевым цепям; для диких животных, особенно птиц и рыб, – свинцовые грузила, дробь, которые нередко задерживаются в организме в виде гастролитов и приводят к хроническому отравлению, атрофии гладких мышц ЖКТ, новообразованиям, поражению НС и снижению репродуктивной способности; опасна и вторичная интоксикация, в том числе и для человека.

В США в прошлом веке ежегодно погибало по этим причинам до 3 млн водоплавающих птиц.

*Кадмий* поступает в ОС (85 % – антропогенная деятельность) при сгорании каменного угля и нефти, при работе двигателей внутреннего сгорания, особенно от дизельного топлива, входит в состав многих красок и т.д.; приводит к гиперплазии печени, повреждению почек и семенников, малокровию.

*Ртуть* входит в состав протравителей семян в качестве фунгицида и используется при предпосевной обработке семян, используется в красках для днища судов; обладает высокой способностью к аккумуляции а пищевых цепях, что в прошлом веке привело к резкому сокращению численности рыбацких и хищных птиц в Скандинавии, в частности приводит к истончению скорлупы яиц и гибели птенцов еще при насиживании.

*Селен* поступает в ОС при производстве стекла, керамики, резины, образуется при фотохимических процессах; необходим для поддержания иммунитета, но в крайне малых дозах; чрезвычайно токсичен при избытке, в частности обладает абортным действием. Антагонист ртути и снижает вредное действие последней.

*Медь* используется в сельском хозяйстве как средство защиты растений от болезней и вредителей, входит в состав красок; может вызывать гибель водоплавающих птиц (в частности лебедей) при накоплении в водоемах.

*Оксиды серы, азота, углерода* вызывают кислотные дожди, закисляют почву, повышая растворимость ТМ, вызывают массовую гибель лесов, почвенных организмов, гибель птиц. Цементная и металлическая пыль снижает интенсивность фотосинтеза и кормовую продуктивность растений, вызывает перегрев эмбрионов и их гибель у птиц, приводит к фиброзу легких, поражению роговых образований и кожного покрова.

*Полихлорбифенилы (ПХБ)* широко применяются с 30-х гг. XX в. в производстве пластмасс, красителей, эпоксидных смол, в электротехнике; очень летучи и обладают высо-

кой кумулятивной способностью, растворяясь в жировых тканях, обнаруживаются даже в Арктике и Антарктике; относятся к наиболее стойким и опасным органическим загрязнителям (СОЗ), производство которых запрещено во многих странах (Стокгольмская конвенция, 2001 г.), но остались его большие запасы. Влияют на репродуктивную функцию, имеют эмбриотоксическое действие, являются одной из причин снижения численности балтийских тюленей и многих птиц.

*ПАВ, СПАВ* (коммунально-бытовые стоки), нефть и ее продукты являются детергентами, вызывают повреждение наружных покровов, переохлаждение и гибель животных, особенно птиц; при попадании внутрь с водой или кормом канцерогенны, вызывают тератогенный и эмбриотоксический эффекты. Ежегодно при разливах нефти гибнет до 5 тыс. птиц только от переохлаждения.

*Пластиковые изделия* (различные виды упаковки, тары) вызывают удушье, непроходимость ЖКТ при заглатывании или попадании мелких животных внутрь. Ежегодно пластиковые отходы убивают 1 млн. птиц, 100 тыс. морских млекопитающих, в частности черепах и дельфинов, а также неисчислимые косяки рыб. В Мировой океан по предварительным подсчетам ежегодно сбрасывается более 6 млн. тонн мусора, не менее половины которого составляет пластик (срок разложения составляет от 200 до 500 лет). В Тихом океане дрейфует целый «остров» из мусора площадью примерно с США.

Сельское хозяйство является источником чрезвычайно вредных ксенобиотиков – пестицидов. *Пестициды* – средства химической борьбы с вредными, с точки зрения человека, растениями, насекомыми и прочими представителями биоты. Это основное достижение химии XX в., когда были синтезированы многие тысячи эффективных и стойких препаратов. Однако чем выше избирательность и эффективность ядохимиката, тем быстрее к нему привыкают уничтожаемые объекты и сильнее страдают другие представители биоты. Локальное применение пестицидов не исключает глобального их распределения по

всем блокам экосистем планеты, включая Арктику и Антарктику.

В 40-е гг. был синтезирован очень эффективный и стойкий (50 лет полураспада) пестицид с кумулятивным действием – ДДТ (дуст, или дихлордифенилтрихлорэтан), однако за полвека своего победного шествия по планете он принес и немало проблем, проникнув во все растения и через пищевые цепи – в животных, в том числе пингвинов, а также оказавшись в молоке кормящих женщин. Так, если в воде содержится ДДТ, то в планктоне его накапливается в 500 раз больше, в рыбе – в 45 тыс., а в хищных рыбах – в 135 раз больше и т. д. ДДТ является мутагеном и канцерогеном, эмбрио-, нейро- и иммунотоксином, влияет на гормональную систему, вызывает анемию, болезни печени, утончает на 1/3 скорлупу яиц, нарушает половое поведение и координацию движений. Исчезли многотысячные колонии пеликанов, голенастых чаек, снизилась численность соколов, скоп, орланов.

Очень токсичны фосфорорганические соединения, карбаматы, диоксиноподобные гербициды и инсектициды (период полураспада – 10 лет, но очень сильная кумулятивная способность), некоторые неорганические гербициды и зооциды (например, фосфид цинка). В 60-е гг. в Ставропольском и Краснодарском краях наблюдалось массовое отравление и гибель зайцев, кур, перепелов, воробьиных при авиараспылении родентицидов для борьбы с грызунами полей; гибель зерноядных птиц привела по трофической цепочке к гибели диких плотоядных. Опасно также химическое уничтожение волков и бродячих собак.

Интересен пример полного нарушения равновесия в зооценозах на острове Сев. Борнео, где в 1955 г. ВОЗ распылила инсектицид диэлдрин (еще токсичнее ДДТ) для уничтожения малярийных комаров. Это привело к успеху в борьбе с малярией, но при этом погибли и другие насекомые, включая мух и тараканов, которые служили пищей для гекконов, затем начали гибнуть кошки, поев мертвых ящериц. Массовое раз-

множение крыс создало угрозу чумы (переносчики – блохи в шерсти крыс). Кроме того, начали рушиться крыши домов, сделанные из листьев, из-за гусениц, поскольку диэldrин уничтожил ос и других насекомых, питающихся гусеницами. Ситуацию удалось нормализовать только сбросив на парашютах здоровых кошек.

Все эти негативные последствия непродуманного применения пестицидов и многих других поллютантов подобного рода послужили основанием для Стокгольмской конвенции 2001 г., в которой были перечислены наиболее опасные для биоты и человека вещества – 12 групп, из-за чего список получил название «грязной дюжины»: 4 группы диоксиноподобных и диоксиновых веществ (ПХБ, ПХДД, ПХДФ, ГХБ) и 8 наиболее опасных пестицидов, включая ДДТ и диэldrин. Применение и производство этих веществ прекращено, за редким исключением, а запасы должны быть уничтожены.

Минеральные удобрения при неправильном хранении склеиваются птицами вместо соли, попадание мочевины загрязняет водоемы и вызывает гибель бизонов.

Способы защиты диких животных разработаны недостаточно, плохо изучены патологии и пути их распространения. В отношении домашних животных применяется вакцинирование, что очень дорого и не всегда эффективно для диких. Необходим ветеринарный контроль за состоянием домашних животных, чтобы не допустить распространения эпидемий; дистанционные методы прививок (так называемые биопули) и обследования диких животных ОПТ; контроль за очистными сооружениями; разработка антидотов, чтобы предупредить массовое отравление диких животных. За рубежом открыты десятки центров по реабилитации (лечению и передержке) диких животных, разработаны специальные предупреждающие знаки и система штрафов, позволяющие значительно снизить травмирование и беспокойство животных в природе.

В 1975 г. была принята международная правительственная Конвенция по международной торговле дикими видами

флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения (CITES), к которой присоединились 112 стран.

В 1981 г. в СССР был принят закон «Об охране и использовании животного мира», утвержденный в новой редакции Госдумой РФ в 1995 г., однако Россия по-прежнему остается страной, где допустимо варварское и жестокое обращение с животными (капканы, убийство на скотобойнях и т. п.), поэтому и охрана животного мира ведется выборочно – по отношению к особо известным и редким животным, например, уссурийскому тигру.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислить некоторые частные причины гибели диких животных
2. Каким образом гибнут животные от транспортных средств.
3. Как погибают дикие животные от инфекционных патологий?
4. Перечислить антропогенных загрязнителей ОС от которых погибают животные
5. Приведите примеры инфекционных заболеваний животных
6. Какую угрозу для птиц представляют ЛЭП?
7. Перечислить промышленных загрязнителей, от которых погибают животные
8. В каком году принята международная правительственная Конвенция и сколько стран к ней присоединилась?
9. Приведите примеры непродуманных применений пестицидов и поллютантов.
10. В каком году в СССР принят закон «Об охране и использовании животного мира».
11. В Стокгольмской конвенции какие перечислены наиболее опасные для биоты и человека вещества, сколько групп.

## **ГЛАВА 6. НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

### **6.1 Биоразнообразиие и климат**

При продвижении от полюсов к тропикам увеличивается удельный вес эволюционно молодых продвинутых таксонов, обладающих наибольшим формообразовательным потенциалом, параллельно с этим растет уровень видового разнообразия. В частных случаях играет роль региональная специфика: горные массивы Кавказа и Краснодарского края (соответственно 6 и 3 тыс. видов, 20 % эндемиков), где наблюдаются смены вертикальной и горизонтальной поясности; исторические причины. Резкое изменение климата ведет к изменению БР на биохорологическом уровне. При нарастании степени экстремальности условий (тундра, глубоководье) увеличивается доля относительно примитивных древних групп: лишайники, грибы, архебактерии.

Достаточно сильна, но не однозначна связь БР с температурой. Наиболее сильна эта связь в холодных приполярных регионах, где низкие температуры выступают основным лимитирующим абиотическим фактором среды (другая возможная причина – молодость пионерных приполярных ландшафтов), на юге связь слабее, а в тропиках возрастает роль биотических факторов – очень высокая конкуренция за все факторы среды.

### **6.2 Функциональная роль биоразнообразия**

Функциональная роль БР в экосистемах – стабилизация биологического круговорота веществ в данном биотопе, что обеспечивается разнообразием форм жизни и функций и не всегда прямо пропорционально видовому уровню БР. Главное – сбалансированность вещественно-энергетических связей между

видами за счет множественного обеспечения основных функций круговорота конкурирующими и дополняющими друг друга видами. Это достигается: 1) разветвлением и усложнением пищевых цепей, 2) усилением роли организмов-регуляторов, сдерживающих численность других видов, 3) высокой структурированностью сообщества через установление количественных отношений между популяциями видов и определенным набором доминирующих групп, жизненных форм и т.п. Функциональное БР определяет качество и устойчивость экосистемных процессов. Особенно ярко это проявляется при изучении процессов развития сообществ и смене сукцессий, в которых прослеживаются следующие закономерности.

На заключительных климаксовых этапах сукцессии обычно регистрируется некоторое снижение БР по сравнению с предклимаксовыми стадиями, а в периоды смены этапов, когда одновременно функционируют старый и новый наборы видов, а также на границах сообществ при их пространственной смене – возрастание.

При изучении сообществ просматриваются две «полюсные» (крайние) проблемы: вопрос *резервности*, или избыточности видов, и явление *супердоминирования*. Резервность видов – существование в пределах одного биоценоза множества малочисленных, функционально дублирующих друг друга видов; данное состояние является неременной чертой полноценного сообщества с развитым механизмом регуляции и обеспечивает буферность – «страхование» устойчивости экосистемы через множественное обеспечение функций при популяционных волнах, смене климата и др. динамических процессах. Пример: комплекс мелких почвенных и сапробиотических членистоногих – колембол, клещей и др. – в почве и напочвенном покрове.

Однако сохранение устойчивости сообщества и поддержание необходимых функций может осуществляться и при низком видовом разнообразии, когда один вид захватывает

широкий спектр экологических ниш при замене видового богатства внутривидовым, т. е. в целом отмечается снижение общего биоразнообразия, – явление супердоминантности. Это явление обусловлено экологической пластичностью вида, его популяционным полиморфизмом и устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Пример: в тундре произрастает всего один вид ивы – *Salix arctica*, в таежных лесах велик полиморфизм дождевых червей. Супердоминирование проявляется обычно в экстремальных условиях среды и связано с правилом компенсации.

*Правило компенсации*: чем специфичнее среда и чем меньше видов может обитать в ней, тем выше численность популяций видов, слагающих данное сообщество. Правило справедливо и в условиях стресса, под влиянием которого уменьшается число редких видов и возрастает численность устойчивых видов. При уменьшении видового богатства происходит снижение конкуренции, однако суммарная плотность оказывается выше, чем в многовидовых группировках, т. е. обратно пропорциональна видовому богатству. Так, распашка и освоение целины привели к резкому сокращению числа видов насекомых (135 вместо 312), но к резкому увеличению численности особей некоторых видов в 2 раза, в частности к всплеску размножения вредителей сельского хозяйства. В загрязненных экосистемах видовое разнообразие всегда ниже, чем в ненарушенных.

Правило компенсации связано с *правилом оптимума*: максимум биомассы или продукции при средних величинах индексов БР. Примеры: цветение водоемов – при загрязнении исчезают многие чувствительные виды, но наблюдается массовое размножение отдельных устойчивых видов и форм, главным образом цианобактерий (синезеленые водоросли); в тундре обитает всего два вида леммингов, но популяции их достигают очень высокой численности и оказывают громадное влияние на растительность (популяционные волны); на больших пространствах тайги и тундры обитает всего 1 вид

дождевого червя (для сравнения с лесами умеренной зоны – 10 видов), однако высокая изменчивость и полиморфность вида определяет громадную роль в данных экосистемах.

Благоприятные условия среды с высокой «плотностью пищи» способны обеспечить совместное существование большего числа видов за счет пищевой специализации. Большое видовое разнообразие сообществ основано на длинных пищевых цепях, более активном взаимодействии видов (различные виды симбиоза), на многократном дублировании пищевых цепей на уровне видов. При этом хищники выступают как регулирующий фактор качественного и количественного состава популяций жертв, сохраняя устойчивость сообщества.

*Избирательное хищничество* повышает видовое разнообразие. Например, там, где обитают морские звезды, видовое разнообразие беспозвоночных гораздо выше (примерно в 2 раза – данные по атлантическому побережью США). Это связано с тем, что выедание морскими звездами мидий снижает численность этих доминантов и освобождает участки литорали. Травоядные копытные в африканской саванне изменяют и поддерживают определенную структуру травостоя, что дает пищу большему числу видов травоядных.

### **6.3 Биоразнообразие и антропогенный фактор**

В этой связи возникает проблема смещения соотношений между массовыми и малочисленными видами вследствие антропогенного воздействия: проблема «банализации» флоры и фауны и повышение в сообществах удельного веса «сорных» или чужеродных видов. Главным в этой проблеме является определение допустимого уровня изреживания биоценозов из-за исчезновения малочисленных видов, характерных для их видового состава. При этом в нарушенные сообщества с неустойчивыми межвидовыми связями значительно облегчается вселение новых видов. Загрязнение естественной био-

ты чужеродными биогеографически видами создает угрозу биocenотических кризисов, состоящих в следующем: блокировка естественной сукцессионной динамики, исчезновение целых экосистем и замена их упрощенными с непредсказуемыми свойствами. Ярким примером является массовое произрастание на незадерненных почвах Кубани и Украины амброзии полыннолистной происхождением из Северной Америки, где, в свою очередь, массово расселяются василек и молочай из Европы. На ЧПК (Новороссийск – Туапсе) наблюдается развитие вторичных сообществ шибляка.

Монокультура в сельском хозяйстве ведет к уменьшению генетического разнообразия видов животных и растений природных экосистем, а также к снижению адаптационного потенциала самой культуры, выращивание которой требует интенсивных технологий ухода и порождает замкнутый круг «опустынивания», т.е. полного исчезновения естественных биогеоценозов. Сравнительно новая проблема – использование генетически модифицированных организмов – тоже создает проблему «генетического загрязнения» окружающей среды и угрозу естественному биоразнообразию.

*Синантропизация* растительного покрова – это изменение состояния и структуры фитоценозов под действием антропогенного фактора, приводит к обеднению генетических ресурсов, стиранию самобытных исторических черт региональной флоры, к ее унификации и снижению устойчивости сообществ. Для отслеживания подобной ситуации используется индекс соотношения числа синантропных видов (сорных апофитов местной флоры и заносных антропофитов, или инвазийных видов) к общему числу выявленных видов флоры в процентах. Это самый простой способ, который не всегда дает объективную картину. Для более полного выявления степени трансформации естественных фитоценозов закладываются пробные площадки в местах с наибольшим влиянием антропогенного фактора и контрольных, нетронутых участках, определяется степень проективного покрытия для каждого вида и

(или) биомасса их надземной (подземной) части, но принцип соотношения остается прежним. Так же рассчитывается и индекс адвентизации, т.е. доля адвентивных (заносных) видов.

Можно подобную информацию получить путем вычисления отношения площади, занятой трансформированными сообществами или нарушенными землями, к площади, занятой коренной растительностью, в экосистеме, регионе и т. п. Значение 0,1 соответствует *очень слабой* трансформации; 0,1–0,2 – *слабой*; 0,2–1 – *умеренной*; 1–10 – *сильной*; больше 10 – *очень сильной*. Если брать отношение трансформированных площадей к общей площади региона, экосистемы, выраженное в процентах, то значение 30–50 % будет соответствовать умеренной степени нарушения естественных фитоценозов.

Изучение проблемы показывает, что, несмотря на преобладание в антропогенно преобразованных сообществах Средиземноморья и ЧПК банальных и заносных видов, в целом потенциал таксономического разнообразия флоры в этих регионах сохранился. Однако даже в заповедниках повсеместно наблюдается внедрение синантропных видов, составляющих от 30 до 50% видового состава флоры.

Наиболее значимые негативные последствия наблюдаются в случае нарушения островных местообитаний: уменьшение площади в 10 раз ведет к сокращению числа видов амфибий и рептилий в 2 раза, а разнообразие фауны снижает на 30 % (принцип Дарлингтона).

Таким образом, общая картина распределения глобального БР достаточно ясна и иногда даже очевидна, однако отдельные ее детали и характер ведущих связей зачастую в значительной степени противоречивы, поэтому остается по-прежнему много нерешенных фундаментальных и прикладных проблем в сфере охраны БР. Так, знание закономерностей распределения БР позволило бы создать концепцию глобального биотогенеза, что позволило бы разрабатывать различные стратегии природопользования и охраны природы в зависимо-

сти от соотношения видов и степени устойчивости экосистемы, а также использовать эти принципы в создании ООПТ и в конструировании сообществ и экологических комплексов с заданными свойствами в биотехнологии, агроценологии, ма-рикультуре, в лесном и зеленом хозяйстве, при рекультивации земель в зависимости от назначения: больше продукции или выше устойчивость? Интенсивный или щадящий режим использования? Что выгоднее: моно-, олиго- или поликультуры?

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Отметьте функциональную роль биоразнообразия в экосистемах.

2. Каким образом достигается сбалансированность вещество-энергетических связей между видами за счет множественного обеспечения основных функций круговорота конкурирующими и дополняющими друг друга видами?

3. Какие две «полюсные» (крайние) проблемы просматриваются при изучении сообществ?

4. Что означает понятие «резервность видов»?

5. О чем гласит правило компенсации видов?

6. Приведите примеры влияния антропогенного фактора на биоразнообразие.

7. Что означает понятие «синантропизация растительного покрова»?

8. Какие виды называются адвентивными?

## **ГЛАВА 7. ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ**

### **7.1 Оценка экологического биоразнообразия экосистем**

Мониторинг и управление БР требует его измерения, т.е. когда качественные признаки могут быть описаны количественно в величинах, которые можно сравнивать. Оценка БР имеет важные прикладные аспекты: позволяет контролировать сохранение генетического потенциала; дает представление о состоянии экосистем на определенной территории; служит основой для разработки системы наблюдений и охраны отдельных видов.

При оценке БР принимаются во внимание 2 основных фактора: видовое богатство и выравненность. Описывая видовое богатство, используют 3 категории показателей: 1) индексы видового богатства; 2) модели распределения видового обилия (учитывают выравненность); 3) индексы относительного обилия видов (учитывают и видовое богатство, и выравненность).

Самый простой показатель, но нередко и самый трудно выполнимый – абсолютное число видов, что можно учесть только при изучении сообщества, четко ограниченного в пространстве и времени, либо в случае полного списка видов при завершении инвентаризации или оценке биологических коллекций. Поэтому чаще используют выборки и показатели нулевого богатства.

Возможна также качественная предварительная оценка БР посредством видов-биоиндикаторов, которые выбираются объектом мониторинга. Выбор таких видов зависит от задач исследования, поэтому, как и при составлении Красных книг, возможен субъективный подход. Так, можно брать в качестве биоиндикаторов: 1) редкие виды, связанные с определенным местообитанием; 2) ключевые виды, трофически тесно свя-

занные с редкими; 3) эндемичные виды; 4) ресурсные виды. При этом учитываются численность, величина ареала, частота встречаемости, а также тенденция к изменению этих показателей.

Противоречия и недостатки: редкие виды имеют наибольшие шансы на вымирание, так как генофонд их исчерпан, численность невысока, как и роль в экосистеме; эндемики зависят от территории и величины ареала и обычно тоже редки; ресурсные виды всегда связаны с субъективностью подхода.

Более реальный подход складывается из следующих требований к видам-индикаторам: 1) доступность для наблюдения, т.е. достаточно многочисленные виды; 2) зависимость от возможно большого числа характеристик сообщества (ключевые виды) либо учет какого-либо значимого фактора или процесса, возникающего в результате интегрированного взаимодействия ряда видов, – скорость образования гумуса, разложения подстилки и т. п.; 4) популяционный подход, поскольку реальная единица вида в сообществе – популяция.

По отношению к факторам окружающей среды виды делятся на эврибионтные – наиболее устойчивые в широком диапазоне колебаний условий ОС, и стенобионтные – имеющие узкий диапазон толерантности и сохраняющие численность в стабильной среде. Наиболее перспективны стенобионты, однако в умеренной зоне они довольно редки. Способ оценки экологического БР экосистем как показателя их сукцессионного состояния заключается в определении коэффициента стенобионтности (в основном для животных) с геоботаническим описанием фитоценозов по формуле:

$$K_{CT} = \left( \sum N_{CT} \right) \cdot n_{ЭВ} / \left( \sum N_{ЭВ} \right) \cdot n_{CT}, \quad (1)$$

где  $N$  – численность (обилие) видов или их биомасса;

$n$  – число видов соответственно стенобионотов (ст) или эврибионотов (эв).

Идеальных способов, достоверно и точно отражающих состояние экосистем через оценку БР, пока не найдено, однако отдельные приемы получили признание для конкретных местообитаний и их нарушений: *лихеноиндикация* – изменение качества и степени загрязнения атмосферного воздуха урбо-экосистем через видовой состав лишайников и (или) их проективное покрытие; определение *численности птиц* высшего трофического уровня (хищников), что позволяет косвенно оценить состояние фитоценозов; мониторинг *численности бабочек* как моно- и олигофагов.

Экологи и математики придумали, приспособили, взяли из других дисциплин, большое количество моделей и индексов для измерения БР, которые часто создают путаницу в объективной оценке состояния БР и его изменения. Однако математические методы позволяют при правильном подборе и использовании не только вести мониторинг за состоянием БР, но и сравнивать разные во времени и пространстве данные, избегая субъективизма.

## 7.2 Модели распределения видового обилия

Для каждого сообщества существует определенная система в распределении видов по обилию, что зависит от количества ресурсов, разнообразия факторов среды, степени конкуренции и т. п. Поэтому математическое описание распределения видов является важной и наиболее полной информацией о сообществе и экосистеме. Для этого создаются математические модели, т.е. определенные предположения о состоянии видового разнообразия и его выравниваемости, описываемые с помощью формул и графиков. Если реальные данные о БР «укладываются» в эти модели и достоверность соответствия можно доказать тоже математически, то можно делать определенные выводы как о состоянии БР, так и экосистем.

Обычно разнообразие анализируется с учетом 4 основных теоретических моделей: 1) лог-нормальное распределение; 2) геометрический ряд; 3) логарифмический ряд; 4) модель «разломанного стержня». Графическое изображение моделей распределения представляет более или менее ломаные линии в системе ранг-обилие, причем обилие может выражаться не только абсолютными величинами, но (чаще) как накопленное в % или в логарифмической шкале. Ранги видов обычно располагаются от максимума к минимуму. Для уверенности в правильном выборе модели необходимо применение математических тестов.

**Лог-нормальное распределение** (модель Престона). Модель указывает обычно на большое, зрелое и разнообразное, естественное и ненарушенное сообщество с более равномерным распределением видов и ресурсов, когда большинство видов в природной открытой системе существует в условиях соревнования, а не прямой конкуренции за ресурсы, при этом множество адаптаций дает возможность делить ниши без конкурентного исключения. Вполне применимо к большим массивам данных или большим выборкам. Примеры: растения листопадного леса, где виды характеризуются средним обилием; распределение доходов в США по сравнению с Великобританией.

Виды распределяются на октавы, или классы, с одинаковым числом особей, обилия видов обычно выражаются в  $\log_2$ -масштабе (могут быть использованы и другие основания логарифма).

Формула модели:

$$S_R = S_{Mo} \exp^{-R^2/2\sigma^2}, \quad (2)$$

где  $S_R$  – теоретическое число видов в октаве, расположенной в  $R$  – октавах от моды;  
 $S_{Mo}$  – число видов в модальной октаве;  
 $\sigma$  – стандартное отклонение теоретической лог-нормальной кривой, выраженное в числе октав.

Графически модель изображается более пологой S-образной кривой по сравнению с лог-рядом, левая часть, относящаяся к редким неучтенным видам, обычно не выражена (скрыта «за занавесом»), однако при оценке больших биогеографических территорий график приобретает вид колоколообразной симметричной кривой (распределение Гаусса).

**Геометрический ряд** (модель Мотомуры), или гипотеза преимущественного захвата ниши. Рассматривается модель ситуации, когда очень малое число видов максимально захватывает гиперпространство ниши и использует основную долю ресурсов. Выравненность при этом низка: немного видов-доминантов и много редких видов. Характерна для суровых климатических условий: растения субальпийского пояса; для экстремальных местообитаний: тундра, ранние стадии сукцессии и т. п.

Предположения: 1-й вид-доминант захватывает  $1/k$  часть какого-то ограниченного ресурса; 2-й по обилию вид –  $(1 - 1/k) / k$  и т. д., пока ресурс не будет разделен между всеми видами ( $S$ ). Таким образом, обилия видов прямо пропорциональны используемой доле ресурса. Каждый вид занимает свою нишу, и ниши не перекрываются.

Параметры:  $n_i$  – численность самого обильного вида (по порядку);  $k$  – константа геометрической прогрессии (доля ресурса).

$$n_i = N C_k k \cdot (1 - k)^{i-1}, \quad (3)$$

где  $n_i$  – число особей  $i$ -го вида;

$N$  – общее число особей;

$C_k$  – константа  $[1 - (1 - k)^S]$ , при которой  $\sum n_i = N$ .

В идеале теоретический вариант графика – идеальная прямая с крутым наклоном.

**Логарифмический ряд** (log-ряд, или модель Фишера, 1943). Впервые была использована при математическом описании энтомологической коллекции. Модель ситуации, когда интервалы проникновения новых видов в ненасыщенные местообитания не регулируются и случайны или в местообитании малое число обычных видов и большая доля редких, т.е. экология сообщества определяется одним или немногими факторами. Примеры: распределение обилия растений наземного яруса в хвойных лесах при очень низкой освещенности; распределение видов грибов на листьях плевела.

Математическое описание модели:

$$ax, ax^2/2, ax^3/3, \dots ax^n/n, \quad (4)$$

где  $ax$  – число видов с одной особью;

$ax^2$  – число видов, представленных двумя особями и т.д.

$a$  – индекс log-ряда, связан с  $N$  через выражение

$$a = N(1 - x) / x;$$

$x$  оценивается путем итерационного решения уравнения:

$$S/N = (1 - x) / x [-\ln(1 - x)],$$

где  $N$  – общее число особей.

$$S = a [-\ln(1 - x)] = S_1 + S_2 + \dots,$$

где  $S$  – общее число видов.

На практике  $x$  почти всегда  $> 0,9$ , но  $\leq 1$ , если отношение  $N/S > 20$ , то  $x > 0,99$ .

Процедура проверки соответствия модели заключается в расчете числа видов, ожидаемого в каждом классе обилия, и в сравнении его с действительно наблюдаемым числом при помощи критериев согласия (хи-квадрат).

График модели выглядит как довольно крутая (по сравнению с лог-нормальным распределением) S-образная кривая.

**Модель разломанного стержня** (модель МакАртура), или гипотеза случайной границы ниши. Предположения: рассматривается только один ресурс и более равномерное его распределение, т.е. описывается случай достаточно высокой выравненности. Сильно зависит от объема выборки. Примеры: распределение популяций птиц листопадного леса, мелких карповых рыб или брюхоногих моллюсков, т.е. при узко понимаемом сообществе таксономически близких видов.

Математическое выражение модели:

$$N_i = N/S \cdot \sum 1/n; S_{(n)} = [S(S-1)/N] \cdot (1 - n/N)^{S-2}, \quad (5)$$

где  $N$  – общее число особей;

$S$  – общее число видов;

$n$  – число особей для определенного класса обилия;

$S_{(n)}$  – число видов в классе обилия с  $n$  особями.

Для сравнения используются критерии Стьюдента.

Графическое изображение – пологая S-образная кривая.

### 7.3 Количественная оценка параметров альфа-разнообразия

Основными компонентами (параметрами) биоразнообразия (БР) являются **число видов** (обычно обозначается через  $S$ ), **обилие** относительное (численность видов –  $n_1, n_2 \dots$ ) и общее ( $N$ ), а также **выравненность** ( $E$ ). Первые два показателя понятны, а третий – выравнивание – связан с тем, что виды никогда не имеют равную численность: немногие по числу доминирующие виды имеют значительную численность (обилие), большая же часть видов относится к сравнительно редким в сообществе видам, имеющим низкую «значимость».

Относительное обилие видов отражает их сложные взаимоотношения и функциональную роль в структуре сообщества, при невозможности подсчета абсолютных величин может выражаться через ранг видов – нумерация в порядке возрастания или убывания численности.

Выравненность – равномерность распределения видов по их обилию в сообществе. Этот показатель считают эквивалентом высокого разнообразия. Обычный пример с гипотетическими сообществами, где буквы алфавита обозначают виды, а их количество соответственно обилие:

<u>Сообщество 1</u>	<u>Сообщество 2</u>
АААААА	ААА
ББББ	БББ
СС	ССС
Д	ДДД

Данный пример показывает два сообщества с одинаковым числом видов и общим обилием (числом особей безотносительно к виду), однако в первом доминирует один вид А при небольших обилиях других трех, а во втором – все 4 вида равны по численности. Поэтому «сообщество 1» более разнообразно по сравнению с «сообществом 2». Таким образом, выравненность максимальна, если все виды сообщества имеют равное обилие, и минимальна, если доминируют один-два вида. Выравненность является наиболее важным показателем структуры сообщества, т.е. биоразнообразия в экологическом аспекте. Этот показатель обычно высок и постоянен среди популяций птиц (связано с их территориальным поведением) и зависит от географической широты; в среднем низок и очень вариабелен (зависит от сезонов года, погоды) у растений и фитопланктона.

Принимаются во внимание и другие варианты этих показателей. **Видовое богатство** при небольшой площади учета определяется как число видов и оформляется видовым спис-

ком, также важен показатель абсолютной численности видов при завершении инвентаризации биоты региона или выдела. Видовое богатство зависит от географической широты, климата, температуры, степени стрессовой нагрузки, стадии сукцессионного ряда и т. д.

Видовое разнообразие зависит от размеров изучаемой площади, от объема выборки, поэтому целесообразно, в том числе и для сравнения, при большой площади и долговременном мониторинге число видов относить к определенной площади и использовать показатель **видовой плотности**. Видовую плотность – аналог «локальной флоры» – используют обычно в (гео)ботанике, почвенной зоологии при учете мезофауны.

В случае выборки, обычно при обследовании водных объектов или почвенных образцов, используют **нумерическое богатство**. Это отношение числа видов (форм) к общему числу особей в выборке (улове, пробе) или к ее биомассе, причем последние оговариваются, так как с увеличением выборки растет число видов. Можно также учитывать число видов на количество выловленных экземпляров, например – число видов рыб на 1000 экземпляров улова.

**Встречаемость** учитывает каждый случай нахождения вида вне зависимости от обилия на пробных площадках:

– в %: например, если вид обнаружен на одной площадке из 10 – 10 %, на всех – 100 %;

– по проективному покрытию – у растений (шкала Друде) или у неподвижных мелких животных (моллюски, ракообразные);

– методом прямого наблюдения на водопое, в местах ночлега, при взлете птиц, при этом может использоваться фотосъемка, вертолетный облет, простой счет «по головам» и т. п.;

– методом изъятия;

– методом повторного отлова с мечением и расчета по индексу Линкольна для оценки общего размера популяции: произведение числа особей вида в первом отлове (выборке) на

число особей во втором отлове, отнесенное к числу особей с меткой во втором случае отлова; индекс пригоден для учета малоподвижных организмов (амфибии, рептилии) на ограниченных территориях и при условиях, что организмы размещены равномерно и любой вид мечения безопасен для них.

Итак, известны три основных показателя биоразнообразия: число видов (или их аналог), обилие (или показатели различных вариантов его учета) и выравненность. Разные сочетания этих показателей лежат в основе множества индексов (коэффициентов), которые часто более удобны и информативны для предварительной оценки, мониторинга, сравнения и др. целей. Различия в индексах в основном заключаются в том, какое значение в них придается либо выравненности, либо видовому богатству. Выбор зависит от задач исследований.

Самые простые показатели, которые используются обычно при предварительной оценке биоразнообразия: индекс Менхиника и индекс Маргалефа. Они легко рассчитываются и учитывают как число видов, так и общее обилие особей, при этом показатель Маргалефа выше показателя, рассчитанного по Менхинику, поэтому сравнивать можно только одноименные показатели.

#### **Индекс Маргалефа:**

$$D_{Mg} = (S - 1) / \ln N. \quad (6)$$

#### **Индекс Менхиника:**

$$D_{Mn} = S / \sqrt{N}. \quad (7)$$

Индексы относительного обилия видов, или индексы неоднородности: учитывают одновременно оба параметра (число видов и выравненность); относятся к непараметрическим, так как не требуют никакого предположения о распределении и являются обычно функциями каких-то величин. Эти индек-

сы дают более углубленную информацию о БР, поскольку учитывают два наиболее важных показателя. В этой группе индексов различают индексы *информационно-статистические*, так как основаны на применении теории информации с учетом вероятности того или иного события (впервые были применены МакАртуром и Маргалефом в 50-е гг. XX в.), и индексы *доминирования*. Для понимания математического смысла формул и терминов требуются, конечно, хотя бы элементарные знания из математики, теории информации и биометрии, но можно пользоваться ими и без оных, однако надо знать условия применимости каждого из индексов и правильно выбрать нужный (Мэгарран).

Наиболее распространенными в первой подгруппе (*информационно-статистические индексы*) являются индекс Шеннона и индекс Бриллюэна.

**Индекс Шеннона** (ИШ) применяется при следующих предположениях: особи попадают в выборку случайно из неопределенно большой (практически бесконечной) генеральной совокупности и в выборке присутствуют все виды этой совокупности и является самым популярным в оценке данных по разнообразию. При использовании этого индекса можно применять параметрическую статистику, в т.ч. дисперсионный анализ, что очень полезно при оценке БР разных местобитаний и наличии нескольких повторностей. Недостаток индекса – невозможность включения в выборку всех видов реального сообщества.

Формула индекса Шеннона:

$$H^I = - \sum p_i \ln p_i, \quad (8)$$

где  $H^I$  – наблюдаемое разнообразие, выраженное определенной величиной от 1,5 до 3,5 единиц (редко 4,5);

$p_i$  – доля особей  $i$ -го вида, которое оценивается как

$$n_i / N = p_i.$$

Для индекса Шеннона можно рассчитать показатель дисперсии:

$$\text{Var } H^I = \sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2 / N + (S - 1) / 2N^2. \quad (9)$$

Для проверки значимости различий между выбранными совокупностями по значению индекса Шеннона используется критерий Стьюдента:

$$t = H^I_1 - H^I_2 / (\text{Var } H^I_1 - \text{Var } H^I_2)^{1/2}. \quad (10)$$

Число степеней свободы рассчитывается по выражению:

$$df = [(\text{Var } H^I_1 - \text{Var } H^I_2)^2] / [(\text{Var } H^I_1)^2 / N_1 + (\text{Var } H^I_2)^2 / N_2], \quad (11)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – общее число видов в каждой из двух выборок соответственно.

На основании индекса Шеннона можно вычислить показатель выравненности  $E$  как отношение наблюдаемого разнообразия к максимальному, причем при равном обилии всех видов  $E = I$ :

$$E = H^I / \ln S. \quad (10)$$

**Индекс Бриллюэна (ИБ)** применяется в случае невозможности случайного отбора и учета всех видов сообщества из-за несовершенства методов отлова, например, при учете насекомых (дневные или ночные). Этот индекс подобен индексу Шеннона, тоже редко превышает величину 4,5 (но обычно его значение ниже значения ИШ при оценке одних и тех же данных), однако очень труден в вычислении и дает неверные выводы в случае малых выборок. Поэтому индекс Бриллюэна используют редко – когда известен полный состав сообщества, например в случае коллекций.

$$\text{ИБ} = (\ln N! - \sum \ln n_i!) / N; \quad (11)$$

$$E = \text{ИБ} / \text{ИБ}_{\max};$$

$$\text{ИБ}_{\max} = 1/N \times \{ \ln (N! / \{[(N/S)!]^{S-r} \times ([N/S] + 1)!^r\}) \},$$

где  $[N/S]$  – целая часть отношения  $N/S$ ;

$$r = N - S \times [N/S].$$

*Индексы доминирования* (2-я подгруппа) применяются при выраженном обилии самых обычных видов, т. е. при ярко выраженном доминировании. Лучшим среди них является индекс Симпсона (иногда называемый индексом Юла), близок к нему индекс полидоминантности, очень прост в расчетах индекс Берегера-Паркера. Особенностью этих индексов является обратно пропорциональная зависимость от величин биоразнообразия, поэтому для прямой оценки БР используют обычно обратные величины этих индексов.

**Индекс Симпсона** (D) описывает вероятность принадлежности любых двух особей, случайно отобранных из неопределенно большого сообщества, к разным видам:

$$D = \sum p_i^2, \quad (12)$$

где  $p_i$  – доля особей  $i$ -го вида.

Расчет индекса для конечного сообщества производится по формуле:

$$D = \sum [ni(ni - 1) / N(N - 1)]. \quad (13)$$

По мере увеличения степени доминирования величина D тоже возрастает, а общее разнообразие уменьшается, поэтому обычно используют показатель в форме  $(1 - D)$ , который варьирует от 0 до 1. Индекс Симпсона очень чувствителен к

присутствию в выборке наиболее обильных видов, но слабо зависит от видового богатства и определяется типом распределения видовых обилий для случаев с числом видов более 10.

Индекс полидоминантности:

$$S = 1 / D, \text{ или } S = N(N - 1) / \sum n_i(n_i - 1), \quad (14)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots S$ ;  $S_1 [1; \infty]$ .

**Индекс Бергера-Паркера** ( $d$ ) выражает относительную значимость наиболее обильного вида и очень прост в расчетах:

$$d = N_{max} / N, \quad (15)$$

где  $N_{max}$  – число особей самого обильного вида, поэтому индекс прямо пропорционален БР в форме  $1/d$ . Индекс не зависит от числа видов, но зависит от объема выборки.

#### **7.4 Графическая интерпретация данных по оценке биоразнообразия и методы построения графиков**

Графический анализ биоразнообразия наилучшим образом выявляет закономерности распределения видов в сообществе через обилие и выравненность. Основные типы графиков: 1) *график ранг-обилие*; 2) *график частотного распределения*.

**График ранг-обилие** (другие названия: кривая доминирования-разнообразия по Уиттекеру или кривая значимости видов по Пианка). По оси абсцисс откладываются значения ранга вида в порядке возрастания численности. Ранг вида – его порядковый номер в зависимости от обилия. По оси ординат – число особей вида, т. е. его обилие. График представляет кривую линию, крутизна падения которой определяется степенью доминирования в сообществе: чем круче падает кривая,

тем меньше разнообразие в целом и тем сильнее доминирование одного или нескольких видов. Данный график хорошо отображает влияние на разнообразие различных стрессовых ситуаций: сезонные явления, антропогенное воздействие в виде сильного источника загрязнения или других негативных воздействий. Он подходит для оценки и сравнения разнообразия сообществ в различных по степени загрязнения или погодным условиям зонах, что было использовано при оценке динамики сообществ птиц в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода и в рекреационных зонах г. Ростова-на-Дону (Лебедева и др., 1999). Наиболее загрязненная зона (импактная), как видно из графика, характеризуется меньшим разнообразием птиц из-за «выпадения» редких чувствительных видов.

График пригоден для моделей распределения видов: геометрическое, разломанного стержня, логарифмическое. При общей оценке разнообразия в других условиях и в других сообществах график менее удобен, т. к. форма кривой и ее параметры сильно зависят от соотношения немногих обильных видов и от влияния различных случайных факторов.

**График частотного распределения** отображает зависимость между числом видов и числом их особей. По оси абсцисс откладываются количества особей, по оси ординат – число видов или накопленное обилие в процениах в зависимости от логарифма ранга вида. Многие сообщества имеют выраженное обилие всего нескольких видов, в то время как другие виды, и их большинство, представлены единичными экземплярами. Частотные распределения по сравнению с ранговыми более интегрально отражают видовую структуру. Форма определяется соотношением частот редких видов и видов со средним обилием, а массовые виды уходят в концы распределений.

Данный график применяется обычно при анализе экологических выборок, при описании видовых структур фаунистических коллекций, пригоден при распределении видов по лог-

нормальной модели (ось абсцисс представляется тогда в логарифмическом масштабе) и модели разломанного стержня (по оси ординат откладывается относительное обилие в линейном масштабе, а по оси абсцисс – порядок видов, или ранг, в логарифмическом масштабе от наиболее к наименее обильным, т. е. обратное ранговое распределение).

### **7.5 Сравнительный анализ индексов разнообразия и порядок анализа данных**

Значения многих индексов достаточно хорошо коррелируют друг с другом, однако выбор их зачастую зависит от традиций разных школ исследователей. Кроме того, сама измеряемая величина имеет сложный комплексный характер, а ее оценка зависит от задач исследования. Самыми главными требованиями к показателям разнообразия должны быть прямая зависимость от числа видов и выравненности их обилий и функциональная независимость от объема выборки. Разработаны определенные рекомендации (Мэгарран) для анализа данных по разнообразию видов:

1. *Формирование выборок* – репрезентативность, достаточно большой и одинаковый объем выборок с соблюдением правил случайного отбора.

2. *Графический анализ данных* – построение графика рангового распределения обилий видов, который даст предварительное представление о модели распределения.

3. *Проверка соответствия эмпирических* (опытных) *данных теоретической модели* с помощью критериев согласия – наибольший интерес этот прием представляет в условиях средового стресса.

4. *Расчет индексов разнообразия* – использование простых в вычислении и интерпретации индексов видового богатства и доминирования (индексы Маргалефа, Бергер-Паркера), определение параметра альфа-логарифмического

распределения (стандартная статистическая мера разнообразия); для сравнения результатов исследования с данными других авторов полезно определение индекса Шеннона.

5. *Проверка статистических гипотез* – когда выборки представлены несколькими повторностями, для проверки значимости различий между ними необходим дисперсионный анализ; для непосредственного сравнения результатов двух исследований важно использовать один и тот же индекс разнообразия (чаще используют индексы Шеннона и Симпсона).

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что означает понятие «Измерение биоразнообразия»?
2. Какие два основных фактора принимаются во внимание при оценке биоразнообразия?
3. Какие три категории показателей используют для описания видового богатства?
4. Какие виды можно использовать в качестве биоиндикаторов?
5. Перечислите основные требования к видам-индикаторам.
6. Какие виды называются эврибионтными и стенобионтными?

### **Тестовые задания**

1. Модель лог-нормального распределения соответствует...
  - а) ненарушенному естественному сообществу с высокой выравненностью;
  - б) доминированию немногих видов в экстремальных условиях ОС;

- в) большой доле редких видов при доминировании обычно одного фактора ОС;
- г) высокой выравненности в узком сообществе родственных видов.

2. Модель геометрического ряда соответствует ...

- а) ненарушенному естественному сообществу с высокой выравненностью;
- б) доминированию немногих видов в экстремальных условиях ОС;
- в) большой доле редких видов при доминировании обычно одного фактора ОС;
- г) высокой выравненности в узком сообществе родственных видов.

3. Модель логарифмического распределения соответствует ...

- а) ненарушенному естественному сообществу с высокой выравненностью;
- б) доминированию немногих видов в экстремальных условиях ОС;
- в) большой доле редких видов при влиянии обычно одного фактора ОС;
- г) высокой выравненности в узком сообществе родственных видов.

4. Модель разломанного стержня соответствует ...

- а) ненарушенному естественному сообществу с высокой выравненностью;
- б) доминированию немногих видов в экстремальных условиях ОС;
- в) большой доле редких видов при влиянии обычно одного фактора ОС;
- г) высокой выравненности в узком сообществе родственных видов.

5. Модель лог-нормального распределения графически изображается в виде ...

- а) колоколообразной симметричной кривой Гаусса;

- б) прямой с крутым наклоном;
- в) крутой S-образной кривой;
- г) пологой S-образной кривой.

6. Модель геометрического ряда графически изображается в виде ...

- а) колоколообразной симметричной кривой Гаусса;
- б) прямой с крутым наклоном;
- в) крутой S-образной кривой;
- г) пологой S-образной кривой.

7. Модель логарифмического распределения графически изображается в виде ...

- а) колоколообразной симметричной кривой Гаусса;
- б) прямой с крутым наклоном;
- в) крутой S-образной кривой;
- г) пологой S-образной кривой.

8. Модель разломанного стержня графически изображается в виде ...

- а) колоколообразной симметричной кривой Гаусса;
- б) прямой с крутым наклоном;
- в) крутой S-образной кривой;
- г) пологой S-образной кривой.

9. Соответствие модели реальному распределению проверяется ...

- а) по соответствующим формулам и критериям достоверности;
- б) видовым списком биоты;
- в) видовым обилием;
- г) степенью выравненности.

10. БР листопадного леса соответствует модели ...

- а) лог-нормального распределения;
- б) геометрического ряда;
- в) логарифмического распределения;
- г) разломанного стержня.

11. БР суровых климатических условий или ранней сукцессии соответствует модели ...

- а) лог-нормального распределения;
- б) геометрического ряда;
- в) логарифмического распределения;
- г) разломанного стержня.

12. БР видов грибов на листьях соответствует модели ...

- а) лог-нормального распределения;
- б) геометрического ряда;
- в) логарифмического распределения;
- г) разломанного стержня.

13. БР мелких карповых вид или моллюсков соответствует модели ...

- а) лог-нормального распределения;
- б) геометрического ряда;
- в) логарифмического распределения;
- г) разломанного стержня.

14. Главным показателем высокого БР является ...

- а) выравненность;
- б) число видов;
- в) общее обилие видов;
- г) число популяций.

15. Выравненность указывает на ... распределение видов в местообитании

- а) равномерное по численности;
- б) мозаичное;
- в) неравномерное по численности;
- г) случайное.

14. Выравненность максимальна при ...

- а) сходном обилии всех видов сообщества;
- б) доминировании одного вида;
- в) доминировании двух видов;
- г) разнообразии рельефа.

15. Выравненность минимальна при ...

- а) сходном обилии всех видов сообщества;
- б) доминировании одного вида;
- в) доминировании двух видов;

г) однообразии рельефа.

16. Аналогом абсолютного числа видов может служить...

- а) видовая плотность;
- б) обилие популяции;
- в) общее обилие сообщества;
- г) индекс Маргалефа.

17. Аналогом абсолютного числа видов может служить...

- а) нумерическое богатство;
- б) обилие популяции;
- в) общее обилие сообщества;
- г) индекс Маргалефа.

18. Аналогом обилия вида может служить ...

- а) встречаемость;
- б) число популяций;
- в) общее обилие сообщества;
- г) индекс Маргалефа.

19. Аналогом обилия вида может служить ...

- а) проективное покрытие;
- б) число популяций;
- в) общее обилие сообщества;
- г) индекс Маргалефа.

20. Нумерическое богатство определяется ...

- а) отношением числа видов или форм к общему числу особей;
- б) определённой выборки;
- в) числом случаев обнаружения вида на пробных площадках;
- г) методом прямого наблюдения.
- д) по доле занятой площади пробной площадки

21. Встречаемость определяется ...

- а) отношением числа видов или форм к общему числу особей;
- б) определённой выборки;
- в) числом случаев обнаружения вида на пробных площадках;
- г) методом прямого наблюдения;
- д) по доле занятой площади пробной площадки.

22. Проективное покрытие определяется ...

- а) отношением числа видов или форм к общему числу особей;
- б) определённой выборки;
- в) числом случаев обнаружения вида на пробных площадках;
- г) методом прямого наблюдения;
- д) по доле занятой площади пробной площадки.

23. Проективное покрытие у травянистых растений определяется ...

- а) отношением числа видов или форм к общему числу определённой выборки;
- б) числом случаев обнаружения вида на пробных площадках;
- в) методом прямого наблюдения;
- г) по шкале Друде.

24. Встречаемость у животных определяется ...

- а) отношением числа видов или форм к общему числу особей определённой выборки;
- б) методом повторного отлова с мечением и расчётом по индексу Линкольна;
- в) методом прямого наблюдения в местах скопления;
- г) по доле занятой площади пробной площадки;
- д) числом случаев обнаружения вида на пробных площадках.

25. Предварительная оценка альфа-БР проводится с применением индексов ...

- а) Менхиника и Маргалефа;
- б) Шеннона и Симпсона;
- в) Бергера – Паркера;
- г) Жаккара и Серенсена.

26. Наиболее распространённым при оценке альфа-БР является индекс ...

- а) Шеннона;
- б) Симпсона;
- в) Жаккара;
- г) Бриллюэна.

27. При учёте альфа-БР в случае доминирования применяют индекс ...

- а) Шеннона;
- б) Симпсона;
- в) Жаккара;
- г) Бриллюэна.

28. Наиболее распространённым при оценке бета-БР является индекс ...

- а) Шеннона;
- б) Симпсона;
- в) Жаккара;
- г) Бриллюэна.

29. Индекс Жаккара учитывает ...

- а) число общих видов на сравниваемых участках;
- б) обилие видов;
- в) проективное покрытие;
- г) численность популяций.

30. Индекс Жаккара используют ...

- а) при количественной оценке бета-БР;
- б) при качественной оценке бета-БР;
- в) при количественной оценке альфа-БР;
- г) при качественной оценке альфа-БР.

31. Индекс Серенсена используют ...

- а) при количественной оценке бета-БР;
- б) при качественной оценке бета-БР;
- в) при количественной оценке альфа-БР;
- г) при качественной оценке альфа-БР.

32. Индекс Серенсена учитывает ...

- а) число общих видов на сравниваемых участках;
- б) обилие видов;
- в) проективное покрытие;
- г) численность популяций.

33. Основные типы графического анализа альфа-БР используют показатели ...

- а) числа видов и их обилия;

- б) выравненности и плотности распределения;
- в) плотности распределения и индекса Маргалефа;
- г) индексов Маргалефа и Менхиника.

34. Основные типы графического анализа альфа-БР используют показатели ...

- а) числа видов и их обилия;
- б) выравненности и плотности распределения;
- в) плотности распределения и индекса Маргалефа;
- г) индексов Маргалефа и Менхиника

35. Основные типы графиков в анализе альфа-БР ...

- а) ранг/обилие;
- б) геометрический ряд;
- в) логарифмическое распределение;
- г) разломанный стержень.

36. Основные типы графиков в анализе БР ...

- а) частотное распределение;
- б) геометрический ряд;
- в) логарифмическое распределение;
- г) разломанный стержень.

37. График ранг/обилие отображает зависимость между...

- а) численной значимостью вида и его обилием;
- б) выравненностью и уровнем БР;
- в) индексами Маргалефа и Менхиника;
- г) градиентом среды и численностью сообщества.

38. График частотного распределения отображает зависимость между ...

- а) числом особей видов и числом видов;
- б) выравненностью и уровнем БР;
- в) индексами Маргалефа и Менхиника;
- г) градиентом среды и численностью сообщества.

39. График ранг/обилие наиболее информативен ...

- а) в стрессовых условиях и при сильном источнике загрязнения
- б) при анализе экологических выборок или биоколлекций;

- в) при высокой выравненности;
- г) в случае влияния случайных факторов.

40. График частотного распределения наиболее информативен ...

- а) в стрессовых условиях и при сильном источнике загрязнения
- б) при анализе экологических выборок или биоколлекций;
- в) при высокой выравненности;
- г) в случае влияния случайных факторов.

41. Расположите в правильной последовательности этапы анализа данных по БР ...

1. Организация мониторинга
2. Формирование репрезентативных выборок необходимого объёма
3. Графический анализ данных
4. Проверка соответствия опытных данных теоретической модели по критериям согласия
5. Расчёт индексов БР
6. Проверка статистических гипотез в случае повторностей

42. Индекс Шеннона учитывает ...

- а) сумму произведений доли  $i$ -того вида на его натуральный логарифм;
- б) отношение числа видов к квадратному корню общего обилия;
- в) отношение числа видов минус 1 к натуральному логарифму общего обилия;
- г) обратное отношение суммы квадратов долей  $i$ -тых видов.

43. Индекс Симпсона учитывает ...

- а) сумму произведений доли  $i$ -того вида на его натуральный логарифм;
- б) отношение числа видов к квадратному корню общего обилия;
- в) отношение числа видов минус 1 к натуральному логарифму общего обилия;
- г) обратное отношение суммы квадратов долей  $i$ -тых видов.

44. Индекс Маргалефа учитывает ...

- а) сумму произведений доли  $i$ -того вида на его натуральный логарифм;
- б) отношение числа видов к квадратному корню общего обилия;
- в) отношение числа видов минус 1 к натуральному логарифму общего обилия;
- г) обратное отношение суммы квадратов долей  $i$ -тых видов.

45. Индекс Менхиника учитывает ...

- а) сумму произведений доли  $i$ -того вида на его натуральный логарифм;
- б) отношение числа видов к квадратному корню общего обилия;
- в) отношение числа видов минус 1 к натуральному логарифму общего обилия;
- г) обратное отношение суммы квадратов долей  $i$ -тых видов.

46. Индекс Шеннона варьирует ...

- а) от 1,5 до 3,5;
- б) от 0 до 1;
- в) в пределах 10;
- г) от 4,5 до 6,0.

47. Индекс Бриллюэна варьирует ...

- а) от 1,5 до 3,5;
- б) от 0 до 1;
- в) в пределах 4,5 и всегда ниже индекса Шеннона;
- г) от 4,5 до 6,0.

48. Индекс общности Жаккара при полном сходстве видовых списков равен ...

- а) 1;
- б) 0;
- в) 4,5;
- г) 1,5.

49. Индекс общности Жаккара при полном различии видовых списков равен ...

- а) 1;
- б) 0;
- в) 4,5;
- г) 1,5.

50. Индекс общности Серенсена – Чекановского использует ...

- а) количественные данные обилия видов;
- б) значение выравнивания;
- в) данные только числа видов;
- г) значение индекса Менхиника.

51. Индекс общности Серенсена использует показатель ...

- а) суммы наименьших из двух обилий общих видов;
- б) выравнивания;
- в) только числа видов;
- г) индекса Менхиника.

52. Индекс общности Серенсена использует показатели ...

- а) обилия;
- б) выравнивания;
- в) числа видов;
- г) индекса Менхиника.

## ГЛАВА 8. СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Стратегия и тактика сохранения биоразнообразия неразрывно связаны с сохранением и развитием цивилизации. Основаны на экологическом мышлении, т.е. фундаментальных знаниях закономерностей живой и неживой природы с неизбежной поправкой на незнание и непонимание всеобщности связей всех явлений и объектов природы, а также на философском подходе, связанном с гуманизацией и социализацией экологии.

Можно привести три предлагаемых направления развития цивилизации:

1) «назад к природе» – лозунг ортодоксальных «зеленых», отрицающий все достижения цивилизации, но это тупик;

2) «вперед к природе» – ноосферный технократический подход, предполагающий активное регулирование процессов в биосфере вплоть до создания искусственных экосистем, однако это направление всегда будет упираться в недостаток знаний;

3) «вместе с природой» – через концепцию устойчивого развития общества в рамках рекомендаций Конференции ООН по ОС и развитию.

Стратегия – общее генеральное направление в любом виде деятельности (экономика, политика, охрана природы и т. д.), в сфере сохранения БР – это коренные изменения в социальной политике и особенно в экономических системах хозяйствования, поскольку в противном случае можно прийти к полному краху цивилизации.

Исходя из масштабов и скорости антропогенных воздействий: 5 % продукции глобального фотосинтеза, 50 % природной фиксации азота использует человек; сведение лесов приводит к повышению углекислого газа в атмосфере, рост населения – к всеобщей урбанизации ландшафтов и т. д.,

можно сделать вывод, что рост населения и охрана природы противоречат друг другу.

Экономическая система с манией безудержного роста по принципу «бизнес ради бизнеса» сопровождается увеличением масштабов энергопотребления и бесконечной гонкой за расширением и постоянным обновлением рынка потребления, подогреваемыми рекламой, также находится в противоречии с нормальным функционированием природы и ради прихотей сравнительно небольшой группы населения мира ставит под угрозу сохранение природы и всего человечества в глобальном масштабе.

Наивно надеяться, что лишь при возникновении серьезных изменений в природе нужно будет серьезно задуматься и тогда уж кардинально что-то менять. Охрана природы должна стать приоритетным вопросом в любом виде человеческой деятельности, считаться вопросом благосостояния и учитывать не только ближайшие перспективы, но и более далекие. Сохранение БР должно учитывать не только региональные местные проблемы, но и проблемы далеких природных ландшафтов (тропические леса, тайга, океаны и коралловые рифы и др.), поскольку они являются резерватами БР и природных ресурсов, важнейшими факторами влияния на климат всей планеты.

Итак, основные стратегии сохранения БР:

- 1) контроль за ростом населения;
- 2) приоритетность охраны природы в перспективе на далекое будущее;
- 3) снижение энергопотребления на душу населения;
- 4) финансирование через различные международные фонды природоохранных мероприятий в странах с недостаточно развитой экономикой.

К сожалению, многие из этих направлений пока носят чисто декларативный характер.

Тактика – конкретные реальные мероприятия, позволяющие замедлить и отдалить обеднение БР и сохранить от-

дельные виды и сообщества. К таким мероприятиям относятся:

- 1) инвентаризация видов и создание красных книг;
- 2) создание и организация управления ООПТ, т. е. заповедных территорий;
- 3) разведение животных в неволе;
- 4) создание искусственных биоценозов, в частности искусственных насаждений;
- 5) создание банка семян растений и спермы редких и исчезающих животных;
- 6) реинтродукция и натурализация.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое стратегия?
2. Что такое тактика?
3. Какие основные стратегии применяются для сохранения БР?
4. На чем основаны стратегия и тактика сохранения БР?
5. Перечислить мероприятия применяемые при тактике БР?
6. С чем связаны неразрывно стратегия и тактика сохранения БР?
7. В сфере сохранения БР стратегия это...?
8. Что должно учитывать сохранение БР?
9. Какие можно привести направления развития цивилизации?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании : учеб. пособие / И. С. Белюченко, А. В. Смагин, Л. Б. Попок, Л. Е. Попок. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 265 с.

2. Белюченко И. С. Биология развития и интродукция многолетних злаков в южных районах СНГ : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 443 с.

3. Белюченко И. С. Особенности развития совмещенных посевов в системе агроландшафта : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 349 с.

4. Белюченко И. С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 418 с.

5. Белюченко И. С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта : монография / И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 262 с.

6. Белюченко И. С. Влияние осадков сточных вод на плодородие почвы, развитие озимой пшеницы и качество ее зерна / И. С. Белюченко, В. П. Бережная // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 34. – С. 148–150.

7. Белюченко И. С. Динамика органического вещества и проблемы его трансформации в почвах агроландшафта степной зоны края / И. С. Белюченко, В. Н. Гукалов, О. А. Мельник // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2007. – Т.3. – № 1. – С. 5–17.

8. Белюченко И. С. К вопросу о роли леса в функциональном восстановлении бассейнов степных рек края / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 3. – С. 3–14.

9. Белюченко И. С. Коллоидные системы отходов разных производств и их роль в формировании сложного компоста / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный

научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 787–811.

10. Белюченко И. С. Роль регионального мониторинга в управлении природно-хозяйственными системами края / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 4. – С. 3–16.

11. Белюченко И. С. Экологическое состояние бассейнов степных рек кубани и перспективы их развития / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 2. – С. 5–16.

12. Биомониторинг состояния окружающей среды : учеб. пособие / под ред. И. С. Белюченко, Е. В. Федоненко, А. В. Смагина. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 153 с.

13. Биоразнообразие : курс лекций / Б. В. Кабельчук, И. О. Лысенко, А. В. Емельянов, А. А. Гусев. – Ставропольский ГАУ : АГРУС, 2013. – 156 с.

14. Бродский А. К. Биоразнообразие : учебник / А. К. Бродский. – М. : Академия, 2012. – 207 с.

15. Влияние посевов и органических удобрений на трансформацию азота в черноземе выщелоченном / М. Д. Алифиров, И. С. Белюченко, Г. В. Волошина [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – № 9. – С. 79–85.

16. Гарицкая М. Ю. Экология растений, животных и микроорганизмов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. Ю. Гарицкая, А. А. Шайхутдинова, А. И. Байтелова. – Оренбург : ОГУ, 2016. – 346 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/61425.html>.

17. География и мониторинг биоразнообразия // Сохранение биоразнообразия. – Минск. : НУМЦ, 2002. – 438 с.

18. Демина М. И. Геоботаника с основами экологии и географии растений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. И. Демина, А. В. Соловьев, Н. В. Четчикова – М. : Российский государственный аграрный заочный университет, 2013. – 148 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20643>.

19. Динамика почвенной фауны в агроландшафте степной зоны края / М. Д. Алифиров, И. С. Белюченко, В. В. Гукалов [и др.], // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 3. – С. 83–95.

20. Елина Е. Е. Биоразнообразие : метод. пособие для бакалавров / Е. Е. Елина. – Оренбург : Экспресс-печать, 2016. – 36 с.

21. Изучение популяций растений на промышленных отвалах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. А. Глазырина [и др.]. – Екатеринбург : УФУ, 2016. – 228 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66153.html>.

22. Калинин В. М. Экологический мониторинг природных сред : учеб. пособие / В. М. Калинин, Н. Е. Рязанова. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 203 с.

23. Конвенция о биологическом разнообразии : Принята Конф. ООН по окруж. среде и развитию (3–14 июня 1992 г.) // Моск. журн. междунар. права. – 1994. – № 1. – С. 183–207.

24. Лебедева Н. В. Биоразнообразие и методы его оценки / Н. В. Лебедев, Н. Н. Дроздов, Д. А. Криволуцкий. – М. : МГУ, 1999. – 94 с.

25. Лебедева Н. В. Измерение и оценка биологического разнообразия. Ч. 1 / Н. В. Лебедев. – Ростов н/Д : УПЛ РГУ, 1997. – 39 с.

26. Лебедева Н. В. Измерение и оценка биологического разнообразия. Ч. 2 / Н. В. Лебедев. – Ростов н/Д : УПЛ РГУ, 1999. – 41 с.

27. Миркин Б. М. Биологическое разнообразие: состояние и перспективы : [о биоразнообразии как важном и исчерпаемом ресурсе планеты] / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова // Биология в shk. – 2004. – № 8. – С. 14–19.

28. Муравьев Е. И. Влияние фосфогипса на развитие растений сахарной свеклы в степной зоне краснодарского края / Е. И. Муравьев, И. С. Белюченко, В. В. Гукалов, О. А. Мельник // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 4. – С. 112–114.

29. Муравьев Е. И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве / Е. И. Муравьев, Е. П. Добрыднев, И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31–39.

30. Муравьев Е.И. Коллоидный состав и коагуляционные свойства дисперсных систем почвы и некоторых отходов промышленности и животноводства / Е.И. Муравьев, И.С. Белюченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008.– № 11. – С. 177-182.

31. Огуреева Г. Н. Картографирование биоразнообразия / Г. Н. Огуреева, Т. В. Котова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2004. – № 1. – С. 24–28.

32. Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия / пер. с англ. О. С. Якименко, О. А.Зиновьевой. – М. : Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. – 256 с.

33. Разумов В. А. Экология : учеб. пособие / В. А. Разумов. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 296 с.

34. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур : монография / Д. А. Антоненко, И. С. Белюченко, В. Н. Гукалов [и др.] – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 180 с.

35. Юрцев Б. А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны / Б. А. Юрцев // Биологическое разнообразие : подходы к изучению и сохранению. – СПб. : ЗИН РАН, 1992. – С. 7–21.

36. Belyuchenko I. S. As to the evolutionary relationships of different level systems in the biosphere / I. S.Belyuchenko // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2005. – Т. 1. – № 2. – С. 17–50.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ.....	4
ГЛАВА 2. АСПЕКТЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ .....	9
2.1 Экологический аспект.....	9
2.2 Эволюционно-генетический аспект .....	10
2.3 Социально-экономический аспект.....	12
2.4 Гуманно-этический аспект.....	13
2.5 Психолого-эстетический аспект .....	14
ГЛАВА 3. УРОВНИ И ТИПЫ (КЛАССИФИКАЦИЯ) БИОРАЗНООБРАЗИЯ .....	16
3.1 Уровни биоразнообразия.....	16
3.2 Типы классификации биоразнообразия .....	19
3.3 Система категорий Уиттекера .....	22
ГЛАВА 4. КРАСНЫЕ КНИГИ.....	26
4.1 История создания Красных книг.....	26
4.2 Принципы составления Красных книг.....	28
ГЛАВА 5. ФАКТОРЫ ГИБЕЛИ ЖИВОТНЫХ, СВЯЗАННЫЕ С ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕКА .....	34
5.1 Факторы, связанные с физическим и биологическим загрязнением окружающей среды	34
5.2 Факторы, связанные с химическим загрязнением окружающей среды.....	36
ГЛАВА 6. НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ .....	42
6.1 Биоразнообразиие и климат.....	42
6.2 Функциональная роль биоразнообразия.....	42
6.3 Биоразнообразиие и антропогенный фактор.....	45

ГЛАВА 7. ИЗМЕРЕНИЕ И ОЦЕНКА	
БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ.....	49
7.1 Оценка экологического биоразнообразия экосистем..	49
7.2 Модели распределения видового обилия.....	51
7.3 Количественная оценка параметров альфа- разнообразия.....	55
7.4 Графическая интерпретация данных по оценке би- оразнообразия и методы построения графиков...	62
7.5 Сравнительный анализ индексов разнообразия и порядок анализа данных.....	64
ГЛАВА 8. СТРАТЕГИЯ И ТАКТИКА СОХРАНЕНИЯ	
БИОРАЗНООБРАЗИЯ.....	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	79

Учебное издание

**Корунчикова** Валентина Васильевна,  
**Белюченко** Иван Степанович,  
**Никифоренко** Юлия Юрьевна и др.

## **БИОРАЗНООБРАЗИЕ И СПОСОБЫ ЕГО ОЦЕНКИ**

*Учебное пособие*

В авторской редакции

Подписано в печать 02.02.2018. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Усл. печ.л. – 4,9. Уч. изд. л. – 3,9.

Тираж 75 экз. Заказ № \_\_\_\_ .

Типография Кубанского государственного  
аграрного университета.

350044, Краснодар, ул. Калинина, 13