

УДК 633/635

© 2013

**Н. В. Патыка**, доктор сельскохозяйственных наук  
*ГНУ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии,  
С.-Петербург, Пушкин, Россия*

**В. Ф. Патыка**, академик НААН  
*Институт микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного  
НАНУ*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

*Современными исследованиями показано, что рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и изменение климата может привести к крупным изменениям биоразнообразия, которое есть основным фундаментом обеспечения экосистемных функций и условий для жизни человека. Потери вызванные изменениями климата, будут изменять функции и уменьшать среду обитания самого человека. Снижение получения экосистемных возможностей можно ожидать от всех типов землепользования: сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыболовства, инфраструктуры, городских агломераций и туризма.*

Благоприятные для человека условия жизни на Земле поддерживаются за счет непрерывной работы природных экосистем. Современные масштабы деградации живого покрова планеты заставляют поставить приоритетную цель – безусловное сохранение имеющихся природных систем и их разнообразия. Биоразнообразие (многообразие) – значит быть разным, а организация жизни биологического разнообразия базируется в первую очередь не на геноме, видах или экосистемах, а на разнообразии использования земных ресурсов по принципу распределения труда, которое вытекает из истории эволюции жизни на Земле.

В процессе эволюции из первых одноклеточных микроорганизмов образовались впоследствии многоклеточные организмы, которые уже воплотили в себя, т. е. внутри клеток, принцип распределения труда. Из многоклеточных организмов возникли растения, обеспечивающие себе пропитание из неживых продуктов, воды и внеземной солнечной энергии. Они эту энергию связывали биохимическим и органическим способами своего метаболизма и аккумулировали в своих тканях. При этом возникли две неодинаковые биохимические формы, которые расширили разнообразие.

Первая – травянисто-злаковая и пролонгированная – древесная. Деревья могут образовываться только из второй биохимической формы. На следующем этапе эволюции появились организмы, которые способны обеспечить себя пищей лишь потребляя растения или их части с аккумулярованной в них энергией.

Вторая форма – животные, которые питаются частично растениями, а частично и друг другом, что в химическом плане еще эффективнее. Принцип конкуренции был расширен еще и за счет способов поведения – захватывания добычи, охоты или преследования. К данной группе относится и человек со своей биологической частью сущности. Несмотря на эти эволюционные шаги в создании разнообразия, микроорганизмы от которых начала развиваться эволюция всего живого, сохранили свою первичную жизнеобразующую роль [1–12].

**Микробное разнообразие.** Совокупность биологической массы микроорганизмов (биом и метагеном), особенно почвы т. к. в ней сосредоточено 95% всего пула микроорганизмов, почти такая же, как и многоклеточных организмов. От жизненной активности микроорганизмов зависят все высшие живые существа, как в позитивном, так и негативном понимании.

В зависимости от типа почвы и ее культурного состояния различия проявляются в значительных колебаниях численности и структуры почвенных микроорганизмов. Наибольшее разнообразие почвенных микроорганизмов наблюдается в черноземах и отдельных подтипах каштановых почв. Высокой численностью микроорганизмов характеризуются также сероземные почвы. С севера на юг в почвах происходят изменения микробного метагенома такие как увеличение представленности и доминирования отдельных видов. Микробиота активно функционирует и формирует в основном верхний горизонт почв, участвуя в образовании гумусового слоя, в котором сосредоточен наибольший запас органических форм питательных элементов, т. е. плодородие почв и почвенные микроорганизмы тесно взаимосвязаны [6–8].

В ризосфере функционирует большое количество макроскопических организмов, таких как бактерии, микромицеты, простейшие и водоросли. Наиболее распространенными являются бактерии. Растения за счет органических соединений корневых выделений, избирательно привлекают полезные бактерии, создавая очень избирательно низкое разнообразие среды.

Микроорганизмы, в т. ч. и полезные микроорганизмы ризосферы растений (*ПМРР*) находятся в тесном взаимодействии на разных уровнях организации с растениями в основном через их корни (ризосфера). В разнообразии ризосферной микробиоты входят разнообразные по функциям микроорганизмы такие как стимулирующие рост и развитие растений ризобактерий, которые при помощи различных механизмов взаимодействия

(молекулярный сигналинг, биоинформатика и т. д.) являются взаимовыгодными для растений: в частности, за счет оптимизации поступления питательных веществ в растения, антагонизма к другим микроорганизмам, особенно патогенным, синтез регуляторов роста, или усиление вторичных метаболических путей, которые непосредственно связаны с повышением стрессоустойчивости растений. В некоторых видах растений, эти вторичные метаболиты являются полезными для здоровья человека [7–10].

Разнообразие ПМРР представлено разнообразными филами бактерий: *Allorhizobium Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Aquaspirillum*, *Azorhizobium Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Desulfovibrio*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Mesorhizobium*, *Methanobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Spirillum* и другими. Условием эффективного эффекта ПМРР на фоне их большего разнообразия является использование различных механизмов, которые разделены на прямые и косвенные. Хотя разница между ними не всегда очевидна, косвенные, как правило, это те, которые происходят за пределами растений, в то время как прямые это те, которые происходят в пределах растений и непосредственно влияют на обмен веществ растений.

Использование разнообразия и функций ПМРР в аграрном производстве является одним из самых важных биотехнологических приемом, а также может эффективно применяться для восстановления деградированных экосистем. Биотехнология ПМРР может использоваться для широкого спектра целей, которые включают в себя производство биоудобрений, биоиндикаций и биоконтроля, индукции системной защиты и элиситоров вторичных метаболических путей, производстве продуктов питания и фармакологии, что как следствие экономически выгодно [11, 12].

Более 95% прокариотных микроорганизмов почв нуждается в комплексной оценке под влиянием различных экологических условий и наоборот, так же как и весь пул их генов и генных продуктов, поскольку на фоне неизвестных видов их функции совершенно не выяснены. **Функциональная экологическая микробиология** – огромный источник открытия новых жизненных форм, новых биохимических реакций и путей, но и непредвиденных механизмов регуляции генов. Для выяснения значимости и характера весьма сложной связи между микроорганизмами и процессами модификации среды их обитания нужны сведения о микробной системе и, в первую очередь, о функциях микроорганизмов, в частности в разрезе структуры их распределения и текстуры [6–11].

**Текстура микробного сообщества** – новый научный термин, сформированный в процессе наших многолетних фундаментальных и прикладных исследований предложенный для определения закономерности распределения живых объектов в почве или любом другом объекте (как для отдельного вида, так и в целом в почве, а также отдельных ее агрегатов).

Поскольку почва характеризуется гетерогенностью мест обитания микроорганизмов, высокой микроразнообразием их развития, то при изучении деятельности прокариотных форм следует особую роль уделять и их функциональным свойствам.

Направленное изучение роли элементарных частиц и агрегатов, отдельных групп, а также биома и метагенома почвенных микроорганизмов в целом важно не только для понимания основных функциональных областей почв. Полученные знания могут быть использованы для практических вопросов восстановления антропогенно-нарушенных экосистем, рассмотрения важных целевых групп почвенной микрофлоры, действующих в функциональных областях (например, микоризы и возможность манипулирования их видовым составом, чтобы повлиять на восстановление устойчивого растительного покрова). Функциональные свойства чувствительнее к воздействию неблагоприятных факторов, чем численность и структура микробного сообщества. Выявление принципиальных закономерностей влияния условий среды на метаболизм микроорганизмов является научной основой для разработки новых биотехнологий, открывает широкие возможности для направленного синтеза клеточных макромолекул и получения целевых продуктов микробиологического процесса. Следует знать, что экологические функции микробного сообщества настолько важны и уникальны, что любые их изменения отражаются на экосистеме в целом.

Микроорганизмы пула биогеоценоза играют основную функциональную роль в круговороте веществ, составляющими элементами которой является трансформация органических остатков с последующей минерализацией или иммобилизацией, замыкая, таким образом, биологические циклы экосистем. Все разнообразие органического вещества состоящего из целлюлозы представляющего собой полисахарид, состоящий из  $\beta$ -1,4-связанных молекул глюкозы и является основным составным структурным компонентом клеточных стенок растений, в результате микробиологической деятельности подвергаясь в почве биологическому разложению и окислению – гумификации, преобразуются в единую, довольно стабильную химическую субстанцию почвенного субстрата – гумусовые вещества. Процесс синтеза и накопления гумуса происходит в результате повторяющегося долгосрочного разнообразного поэтапного изменения в метагеноме доминирующих микробных филоципов почвы на фоне взаимодействия с периодически сменяемым растительным покровом. В аграрном производстве большую роль играет естественное (природное) почвенное плодородие, основу которого составляют гумусовые вещества формирование и накопление которых, зависит от структуры, разнообразия и активности почвенной микробиоты [9–12].

**Влияние изменения климата на биоразнообразие.** Массовое нарушение и даже уничтожение природных систем «подрывает» видовое разнообразие – необходимое условие устойчивости биосферы (Бродский А. К., 2002). Вследствие глобальных изменений климата появляется серьезная угроза биоразнообразию [13–15]. Не существенные изменения климата совместимы с устойчивостью экосистем и ее функциями, однако их быстрые изменения негативно сказывается на биоразнообразии. Как ожидается, изменение климата в будущем приведет к уменьшению биоразнообразия [16]. Многие виды будут не в состоянии адаптироваться к быстро меняющимся условиям жизни [17]. Таким образом, они окажутся перед угрозой исчезновения. Увеличение количества выделяемого атмосферного  $\text{CO}_2$  в течение следующего столетия, по прогнозам, станет одним из основных факторов, которые приведут к глобальным потерям биоразнообразия [18]. Средняя температура за последнее десятилетие увеличилась на  $0,2^\circ\text{C}$ , так же количество осадков в течение последних 100 лет в среднем увеличилось на 2% [19]. Кроме того, изменения климата являются пространственно-различными. Экосистемы тропических лесов подвергаются значительно большим изменениям. Так же происходят изменения средних температур, осадков, уровня моря, увеличение антропогенной нагрузки, что также связано с увеличением частоты и интенсивности экстремальных явлений, которые влияют на биоразнообразие [20, 21].

Изменение климата уже привело к исчезновениям некоторых видов [10]. Значительный спектр видов распространилось в направлении полюсов и в вертикальном направлении на возвышенности, и эта тенденция будет продолжаться [13, 22]. Доминирующие виды распространяются, перераспределяются в эконишах и занимают не свойственные им биотопы, вытесняя аборигенные виды. Фенологические изменения в популяциях, в том числе смещение циклов размножения или задержки периодов роста, влияет на видовое взаимодействие [23]. Фенологические сдвиги у цветковых растений являются несовместимыми между циклами их опылителей. Это приводит к исчезновению растений и опылителей и негативным последствиям, изменениям от структуры мутуалистических сетей [22].

Несколько компонентов изменения климата т.е. температура, осадки, концентрация  $\text{CO}_2$  и динамика мирового океана, как ожидается, повлияет на все уровни биоразнообразия: гены, виды и среду их обитания [24]. На базовом уровне биологического разнообразия изменения климата способны снизить генетическое разнообразие популяций из-за изменения направления отбора, генетического дрейфа, дифференциации популяции и их быстрой миграции [25, 26]. Как следствие, уменьшается адаптация к новым условиям окружающей среды и, следовательно, риск вымирания возрастает. Кроме того, изменения взаимодействия видов непосредственно влияют на функционирование и гомеостаз экосистемы [27–29].

На более высоком уровне биоразнообразия, изменения климата вызывают изменения в растительных и микробных сообществах, что будет больше влиять на целостность биома в целом. Оценка изменений экосистем за тысячелетие свидетельствует, что им подверглось около 5-20% экосистем Земли.

Особую озабоченность вызывают вопросы порогов устойчивости экосистемы, приводящие к необратимым изменениям в биомах. Такие пороги реально возможны из-за экологического понимания параметра устойчивости или изменения экологических факторов в качестве альтернативных состояний экосистем. Потенциал для гистерезиса показывает, что сообщества и экосистемы могут быть в таких конфигурациях, после изменения, которых они плохо восстанавливаются [25, 26]. Имеются примеры, и опыт которых включают, например, последствия от вторжения экзотических видов [27], и нежелательных изменений растительности в наземных экосистемах [28]. После того, как экосистема входит в зону опасности, одна из ее частей находится в опасности пересечения порогового значения, остальная часть в другом состоянии. Меры по повышению устойчивости экосистем, т.е. сохранению биоразнообразия, имеют решающее значение.

Современными исследованиями показано, что рост концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере и изменение климата может привести к крупным изменениям биоразнообразия. Особенно в тропических регионах [29], повышение температуры на  $2^\circ\text{C}$  определяется как критическое (Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)). Изменения в дальнейшем становятся самовоспроизводящимися, так называемой положительной обратной связи, например, вырубка лесов может уменьшить количество осадков, что приводит к увеличению пожароопасности, высушиванию территории и в итоге гибели леса. В результате отставания развития биологических и физических систем эти изменения будут необратимы в течение следующих нескольких веков [25], создавая большие ущербы для экологии. Биоразнообразие основной фундамент обеспечения экосистемных функций и условий для жизни человека, потери вызванные изменениями климата, будут изменять функции и уменьшать среду обитания самого человека. Снижение получения экосистемных возможностей можно ожидать от всех типов землепользования: сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыболовства, инфраструктуры, городских агломераций и туризма. Помимо комплексных мероприятий сохранения биоразнообразия, существуют также искусственные, такие как контроль миграции видов или сохранение их в местах их обитания.

Возрастание изменений климата ожидается так же и при использовании различных видов человеческой деятельности (т.е. трансформации лесных насаждений в почвы сельскохозяйственного назначения, рост, создание и расширение поселений) на биоразнообразии будет оказано давле-

ние, приводящее к серьезным изменениям, вызванными глобальными изменениями климата [13]. Прогнозируемые темпы изменения климата растут по сравнению с прошлыми годами. Таким образом, на месте генетическая адаптация большинства населения к новым климатическим условиям, маловероятна, на этом фоне миграция будет возможна для многих видов [12, 20].

Таким образом, экосистемы можно рассматривать как фонд запасов природного фонда генерирующие потоки промежуточных и конечных товаров и услуг экосистем, который будет нарушен вышеуказанными причинами. Запасы природного фонда включают в себя возобновляемые (в первую очередь за счет растений и микроорганизмов) и не возобновляемые ресурсы, например биотические, геологические, воды, атмосфера и земельные ресурсы. Экосистемные потоки классифицируются по оценкам экосистем на пороге тысячелетия [30]: гомеостаз (круговорот питательных веществ, первичное воспроизводство), регулирование (смягчения последствий стихийных бедствий, качество воды) и выделение ресурсов (продовольствие, пресная вода). Запасы и потоки тесно связаны между собой. Обеднение запасов ставит под угрозу будущие выходы потоков. Если нет адекватных изменений, замен, это влияет на жизнеспособность естественных основных фондов [31] и, в результате, создает кризис в глобальном масштабе.

#### **Библиографический список**

1. *Андреюк К. И., Валагурова Е. В.* Основы экологии почвенных микроорганизмов. – К.: Наукова думка, 1992. – 224 с.
2. *Андреюк К. И., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова В. О., Пономаренко С. П.* Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
3. *Бродский А. К.* Введение в проблемы биоразнообразия. СПб: издательство С.-Петербургского университета, 2002. – 144 с.
4. *Коць С. Я., Моргун В. В., Патыка В. Ф., Даценко В. К., Кругова Е. Д., Кириченко Е.В., Мельникова Н.Н., Михалкив Л.М.* Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз: [монография: в 4-х т.] /том 1/ . – К.: Логос, 2010. – 508 с.
5. *Коць С. Я., Моргун В. В., Патыка В. Ф., Маличенко С. М., Маменко П. Н., Киризий Д. А., Михалкив Л. М., Береговенко С. К., Мельникова Н. Н.* Биологическая фиксация азота: бобово-ризобияльный симбиоз: [монография: в 4-х т.]. – Т. 2. – К.: Логос, 2011. – 523 с.
6. *Хохлов Н. Ф., Мазиров М. А., Патыка Н. В., Круглов Ю. В.* Длительный полевой опыт 1912–2012. Раздел 3 (п. 3.5. Микробиологические исследования) // Краткие итоги научных исследований «Длительный полевой опыт 1912–2012». – Москва: изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – С. 16-26
7. *Патыка Н. В., Танчик С. П., Колодяжный О. Ю., Іванюк Н. Ф., Круглов Ю. В., Патыка Т. І.* Формирование биоразнообразия и филотипичной структу-

ры эубактериального комплекса чернозема типичного при выращивании пшеницы озимой. // Доклады Национальной академии наук Украины. – № 11 . – 2012. – С. 163–171.

8. Ю. В. Круглов, М. М. Умаров, М. А. Мазиров, Н. Ф. Хохлов, Н. В. Патыка, В. А. Думова, Е. Е. Андронов, Н. В. Костина, М. В. Голиченков. Изменение агрофизических свойств и микробиологических процессов дерново-подзолистой почвы в экстремальных условиях высокой температуры и засухи. // Известия ТСХА. – 2012. – Выпуск 3. – С. 79-87.

9. Патыка Н. В. Структура микробного комплекса чернозема типичного в агроценозе пшеницы озимой при различных системах земледелия//<http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/march-2013> MODERN DIRECTIONS OF THEORETICAL AND APPLIED RESEARCHES '2013

10. кудеярова Е. И. разнообразие микробных сообществ при различных антропогенных нагрузках. – Молдова, Кишинев: Высшая школа, 1999. – 273 с.

11. Патики В. П., Тихонович І. А., Філіп'єв І. Д., Гамаюнова В. В., Андрусенко І. І. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / За ред. В. П. Патики. – К.: Урожай, 1993. – 176 с.

12. Шапиро Я. С. Агроэкосистемы. Учеб. Пособие. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2005. – 264 с.

13. Beisner B. E.; Haydon D. T.; Cuddington K. Alternative stable states in ecology. *Front. Ecol. Environ.* 2003, 7, 376–382.

14. Bellard C.; Berstelsmeier C.; Leadley P.; Thuiller W.; Courchamp F. Impact of climate change on the future of biodiversity. *Ecol. Lett.* 2012, 15, 365–377.

15. Botkin D. B.; Saxe H.; Araujo M. B.; Betts R.; Bradshaw R. H. W.; Cedhagen, T.; Chesson, P.; Dawson, T. P.; Etterson, J. R.; Faith, D .P.; et al. Forecasting the effects of global warming on biodiversity. *Bioscience* 2007, 57, 227–236.

16. Cabral J. S.; Jeltsch F.; Thuiller W.; Higgins S.; Midgley G. F.; Rebelo A. G.; Rouget M.; Schurr F. M. Impacts of past habitat loss and future climate change on the range dynamics of south African Proteaceae. *Divers. Distrib.* 2012, doi: 10.1111/ddi. 12011.

17. Cardinale B. J.; Duffy E.; Gonzales A.; Hooper D. U.; Perrings C.; Venail P.; Narwani A.; Mace G. M.; Tilma D.; Wardle D. A.; et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 2012, 486, 59–67.

18. Dublin H. T.; Sinclair A. R. E.; McGlade J. Elephants and fire as causes of multiple stable states in the Serengeti-Mara woodlands. *J. Anim. Ecol.* 1990, 59, 1147–1164.

19. Eriksson O.; Ehrlén J. Landscape Fragmentation and the Viability of Plant Populations. In *Integrating Ecology and Evolution in a Spatial Context*; Silvertown, J., Antonovics, J., Eds.; Blackwell Publishing: Oxford, UK, 2001; pp. 157–175.

20. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2007–The Physical Science Basis*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.

22. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Re-*



port of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2012.

23. Heller N. E.; Zavaleta E. S. Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations. *Biol. Conserv.* 2009, 142, 14–32.

24. Hirota M.; Holmgren M.; van Nes E. H.; Scheffer, M. Global resilience of tropical forest and savanna to critical transitions. *Science* 2011, 334, 232–235.

25. Hof C.; Araújo M. B.; Jetz W.; Rahbeck C. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature* 2011, 480, 516–519.

26. Kappelle M.; van Vuuren M. M. I.; Baas P. Effect of climate change on biodiversity: A review and identification of key research issues. *Biodivers. Conserv.* 1999, 8, 1383–1397.

27. Keith D. A.; Akçakaya H. R.; Thuiller W.; Midgley G. F.; Pearson R. G.; Phillips S. J.; Regan H. M.; Araújo M. B.; Rebelo T. G. Predicting extinction risks under climate change: Coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. *Biol. Lett.* 2008, 4, 560–563.

28. Koulibaly A.; Goetze, D.; Traoré, D.; Porembski, S. Conservatoire et Jardin Botaniques de Geneve, Chambésy, Switzerland. *Candollea* 2006, 61, 425–452.

29. Leadley P.; Pereira, H. M.; Alkernade, R.; Fernandez-Manjarrés, J. F.; Proença, V.; Scharlemann, J. P. W.; Walpole, M. J. *Biodiversity Scenarios: Projections of 21st Century Change in Biodiversity and Associated Ecosystem Services*; Technical series no. 50; Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montreal, PQ, Canada, 2010.

30. Malcolm J. R.; Liu, C. R.; Neilson, R. P.; Hansen, L.; Hannah, L. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conserv. Biol.* 2006, 20, 538–548.

31. Mbow C.; Smith, M. S.; Leadley, P. Appendix 4. West Africa: The Sahara, Sahel, and Guinean Region. In *Biodiversity Scenarios: Projections of 21st Century Change in Biodiversity and Associated Ecosystem Services*; Leadley, P., Pereira H. M., Alkernade R., Fernandez-Manjarrés J. F., Proença V., Scharlemann J. P. W., Walpole M. J., Eds.; Technical series no. 50; Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montreal, PQ, Canada, 2010.

32. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*; Island Press: Washington, DC, USA, 2005.

**Патыка, Н. В., Патыка В. Ф.** Современные проблемы биоразнообразия // Корми і кормовиробництво. – 2013. – Вип. 76. – С. 101—109.

Современными исследованиями показано, что рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и изменение климата может привести к крупным изменениям биоразнообразия, которое есть основным фундаментом обеспечения экосистемных функций и условий для жизни человека. Потери вызванные изменениями климата, будут изменять функции и уменьшать среду обитания самого человека. Снижение получения экосистемных возможностей можно ожидать от всех типов землепользования: сельского хозяйства, лесного хозяйства, рыболовства, инфраструктуры, городских агломераций и туризма.