

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВЫ

А.Х.Куликова, доктор с-х. наук, профессор, Ульяновская ГСХА

Как неотъемлемый компонент наземных экосистем почва выполняет множество экологических функций, которые обеспечивают жизнь всех организмов (растительных и животных), связанных с ней. Важность их определяется той сложной и многогранной ролью, которую почва играет в состоянии и функционировании экосистем суши и биосферы в целом [2]. Выявление многочисленных функций почвы позволяет более глубоко и всесторонне оценить её значение в сохранении экологического благополучия планеты.

Развитие учения о почвенных экологических функциях связано, прежде всего, с именами выдающихся почвоведов современности Г.В.Добровольского и Е.Д.Никитина, обобщающие труды которых до сих пор являются базовыми [5,6,7]. Именно ими была создана первая классификация биогеоценотических (экосистемных) и глобальных почвенных функций (рис. 1 и 2), дано систематическое описание известных и вновь установленных экологических функций, заложены основы рационального использования и охраны почвенных ресурсов и обоснована необходимость обязательного их учёта при этом.

Как видно из рисунка 1, все биогеоценотические функции объединены в несколько групп по контролирующим их свойствам и параметрам почвы. Прежде всего следует выделить самую главную и общую – почва служит средой обитания живых организмов (жизненное пространство, жилище и убежище, механическая опора, депо источников возрождения жизни: семян и других зачатков). С почвой тесно связана подавляющая часть растений: органическое вещество корней составляет от 20-30 до 90 % по отношению к общей фитомассе. Наибольшие запасы корней наблюдаются во влажных тропических лесах, которые достигают до 100 т/га (на наших почвах в зерновых агроценозах 2-4 т/га и более). В почве обитает огромное количество видов живых организмов. Например, более 90 % насекомых – этой самой представительной группы животных, на долю которых приходится примерно половина всех видов (более одного миллиона), – проводят тот или иной период жизни в почвах [3].

Исключительно высока концентрация микроорганизмов в почве, которая представляет собой идеальную среду для их развития. Количество бактерий в 1 г почвы достигает нескольких миллиардов клеток, а масса – 10 т/га; общая длина гиф грибов равняется нескольким тысячам метров на 1 г почвы, а масса – 1,5-10 т/га. Суммарная биомасса микроорганизмов может составлять несколько десятков тонн на 1 гектаре. В системе почва – растение именно через микроорганизмы осуществляется круговорот всех зольных элементов и азота, а сама система производит более 90 % продуктов

питания человека [4].

Г.В. Добровольский считает [9], что функция сохранения семян и других зачатков жизни должна быть расширена: «почва как банк, в котором хранятся самые разнообразные виды микроорганизмов, или генофонд всего микромира».

Особую группу образуют биогеоценотические функции почвы, связанные с химическими свойствами. Это, прежде всего, функция почвы как источника элементов питания. От неё прямо или косвенно зависит существование большей части организмов суши. При этом следует отметить, что само накопление элементов питания в почве происходит за счёт сложнейших биохимических процессов, осуществляемых микроорганизмами. Особенно велика роль микроорганизмов в снабжении растений азотом, основной путь которого состоит в фиксации атмосферного молекулярного азота прокариотными микроорганизмами. Этот процесс, как справедливо отмечает Г.В. Добровольский (1999), имеет планетарное значение, сопоставимое лишь с фотосинтезом, а проблема биологического азота стала центральной в почвоведении, агрохимии, агроэкологии и земледелии. Достаточно сказать, что суммарная годовая продукция азотфиксации в наземных экосистемах составляет 175-190 млн. т, из которых 90-110 млн. т приходится на почвы агроэкосистем.

Ежегодный выпуск минеральных азотных удобрений в мире примерно составляет 70 млн.т. Кроме того, на поля вносится около 20 млн. т азота в составе органических удобрений. С учётом коэффициентов использования азота из этих источников (не более 50 % для минеральных удобрений и 20 % для органических) сельскохозяйственные растения получают примерно 40 млн. т азота в год. В то же время, по данным ФАО, ежегодный вынос азота из почвы с продукцией сельского хозяйства составляет более 120 млн. тонн. Одно сопоставление этих величин показывает, насколько велика роль биологического азота в мировом земледелии. Уникальные функции микроорганизмов по фиксации атмосферного азота приобретают особое значение в условиях усиления антропогенного воздействия на агроэкосистемы.

В снабжении растений фосфором особую роль играют эукариотные микроорганизмы, в том числе и грибы, образующие микоризу на корнях растений (как травянистых, так и древесных), и которые способствуют усвоению ими труднодоступных фосфатов. За счёт микориз улучшается снабжение растений не только фосфором, но и азотом, калием, цинком, медью, серой.

Только за счёт деятельности микроорганизмов замыкается круговорот углерода, азота, водорода, серы и многих других элементов. Например, важность микроорганизмов в цикле углерода демонстрирует



Рисунок 1. Функции почвы как компонента биогеоценоза

тот факт, что в случае полного торможения процесса микробиологической минерализации органических веществ углекислота (CO_2) будет полностью исчерпана в ходе существующего фотосинтеза менее чем за 20 лет. Только почвенные микроорганизмы способны выделять и использовать молекулярный водород (H_2) [9].

Особо необходимо отметить функцию почвы как депо энергии. В почвенном покрове происходит накопление огромного количества связанной солнечной энергии в органическом веществе почвы – гумусе. По расчётам В.А. Ковды (1973), энергия, заключённая в гумусовой оболочке, примерно такого же порядка, что и во всей биомассе суши и составляет порядка $n \cdot 10^{20}$ ккал, или $420 \cdot 10^{21}$ Дж. Более того, в травянистых ландшафтах суши запасы энергии в гумусовой оболочке в 20-30 раз превышают запасы энергии в растительной биомассе.

Общий запас внутренней энергии почвы складывается из энергии кристаллической решётки минералов и энергии, связанной с почвенным гумусом. Первая составляет основную часть её, а доля энергии почвенного гумуса не превышает 1 % полной внутренней энергии, однако качественная характеристика их разная. Благодаря накоплению энергетически богатого органического вещества, а также накоплению тонкодисперсных минеральных соединений с огромной удельной поверхностью, почвы обогащаются свободной энергией, которая обеспечивает биогенные миграции атомов, т.е.

биологические, биохимические, биогеохимические процессы в почве.

Функция стимулятора и ингибитора биохимических и других процессов в почве обусловлена тем, что в неё поступают разнообразные продукты метаболизма растений, микроорганизмов и животных: аминокислоты, ферменты, антибиотики, фитонциды, токсины, витамины, стимуляторы роста и т.д., оказывающие влияние как на питание растений, так и на взаимодействия между микроорганизмами. Метаболиты, накапливающиеся в почвах в значительных количествах, во многом определяют либо положительные, либо отрицательные взаимодействия как между разными группами микроорганизмов, так и между растениями и микробами. Практическим следствием выявления и учёта активаторно – ингибиторной функции почвы является использование полученных данных для оптимизации структуры посевов и севооборотов путём подбора видов с положительным взаимовлиянием. Следует отметить, что активаторно-ингибиторная функция зависит не только от характера метаболитов живых организмов, поступающих в почву, но и от динамики других её компонентов. Так, большое значение имеют влажность почвы (активное взаимовлияние наблюдается при влажности около 70 % от ПВ), рН (которая сама меняется под действием выделений живых организмов), температурный режим и т.д.

Ингибирующие и стимулирующие свойства вышеназванных соединений в значительной степени определяют функцию почвы как регулятора числен-

ности, состава и структуры биоценозов через влияние на численность и состав микробиоценозов. Важной формой проявления регуляторной функции структуры биоценозов является и то, что вводно-воздушный, температурный и питательный режимы почвы во многом определяют прорастание семян, клеток и спор микроорганизмов, цист, амёб, рост корней растений.

Поглотительная способность почвы, определяющая функцию сорбции веществ, поступающих в неё из атмосферы, грунтовыми водами и растительным опадом, имеет исключительное значение в жизни биоценозов. Благодаря именно этой функции в почве удерживаются в состоянии обменного поглощения не только элементы питания (как поступающие в неё, так и высвобождающиеся в ходе выветривания минералов почвообразующей породы), но и микроорганизмы от выноса за пределы почвенного профиля атмосферными водами. Хотя природа адсорбции микроорганизмов почвой сложна, но считается, что в подавляющем большинстве случаев имеет место адсорбция – поглощение клеток микроорганизмов активной поверхностью тонкодисперсных частиц аналогично адсорбции коллоидов.

Периодически изменяющиеся параметры почвы (тепловой, водный, питательный, солевой режимы, а также гранулометрический состав) контролируют функцию почвы не только сигнала для начала или сокращения сезонных циклов жизнедеятельности организмов, но и определяют течение ряда физиологических процессов. Так, хорошо известно, что в районах недостаточного увлажнения смена фаз развития многих фитоценозов в годовом цикле развития определяется динамикой водного режима почв. Температура почвы служит не только сигналом начала или сокращения сезонных циклов жизнедеятельности организмов, но и определяет течение ряда физиологических процессов. Например, установлено, что при понижении температуры почвы происходит снижение интенсивности транспирации, а при повышении – её усиление.

В последней трети XX века сформировалась идея ещё об одной фундаментальной информационной функции почвы – функции «памяти» ландшафта, в которой зафиксирована программа возможностей функционирования связанных с почвой биоценозов [10]. Авторы считают, что из всех компонентов ландшафта почва обладает наиболее выраженной способностью к отражению факторов географической среды и хранит в своём генетическом профиле наибольшее количество информации. Состав, свойства, внутренняя структура, пространственное взаиморасположение почв отражает особенность сформировавшихся их процессов, внутрипочвенную обстановку их образования, которая зависит от процессов обмена с внешней средой, в том числе от поселившихся биоценозов. Это память о взаимодействии атмосферы, гидросферы и биоты с литосферой. Ярким примером памяти почвы служит наличие реликтовых гумусовых горизонтов в почвенном профиле (например, на юге лесной зоны, особенно в пределах Русской Равнины). Такие почвы встречаются и в пределах Ульяновской области.

Велика роль почвы в поддержании устойчивости жизни биогеоценоза благодаря наличию буферных и

регуляторных механизмов. Проявлением одного из буферных свойств является поддержание микробными сообществами гомеостатического состояния в почве. Проявлением данной функции также является восстановление нарушенных биоценозов за счёт запасов семян в почве, и защита биоценозов от механического разрушения под действием различных факторов: воды, ветра, силы тяжести и т.д.

Почва выполняет роль «дезинфектора» биосферы в целом. Без наличия этой функции почвы поверхность Земли за короткое время оказалась бы заполненной отходами жизнедеятельности организмов и жизнь на планете стала бы невозможной. Осуществляется она почвенными организмами при участии почвенных животных в трёх направлениях: деструкция поступающих на поверхность почвы органических остатков; деструкция ксенобиотиков, поступающих в большом количестве с промышленными отходами, пестицидов, пластмассы и синтетических волокон и т.д.; ограничение и полное подавление развития патогенных для человека и животных микроорганизмов. Подвергая разрушению и минерализации поступающих в почву и на её поверхность органические остатки, в том числе и применяемые как удобрения (навоз, компосты, сточные воды и их осадки и т.д.), почвенные организмы (главным образом микроскопические) не только переводят содержащиеся в них элементы и энергию в доступные формы, но и предохраняют ландшафты от самозагрязнения и гибели

Благодаря функции трансформации вещества и энергии во многом осуществляется грандиозный по масштабам процесс преобразования бесплодных горных пород поверхностного слоя литосферы в пригодный для жизни субстрат, т.е. сам почвообразовательный процесс, в результате которого субстрат почвы приобретает благоприятные для поселяющихся на ней биоценозов свойства.

И, наконец, главной биогеоценотической функцией почвы является её плодородие, которое вместе с климатом определяет продуктивность как естественных, так и искусственных экосистем. Именно плодородие почвы является основой существования человека и его социальной эволюции. Более того, как справедливо и точно отмечает Г.В. Добровольский (1999), *«многообразие экологических функций определяет биологическое разнообразие. И это, пожалуй, основная роль почвы в биосфере. Природа «не заинтересована» в биомассе, она работает на сохранение генофонда планеты»*. Упрощение функций почвы, в том числе в результате её сельскохозяйственного использования, когда главной задачей становится производство определённой биомассы, ведёт к снижению биологического разнообразия.

Особо следует отметить общебиосферные (глобальные) функции почвенного покрова (рис.2).

С появлением почвы в развитии литосферы Земли наступил качественно новый этап, связанный с активным воздействием на неё органических кислот специфической и неспецифической природы, возникающих в процессе почвообразования; попадающих в почву продуктов жизнедеятельности обитающих в ней микроорганизмов; биогенных щелочей и т.д.

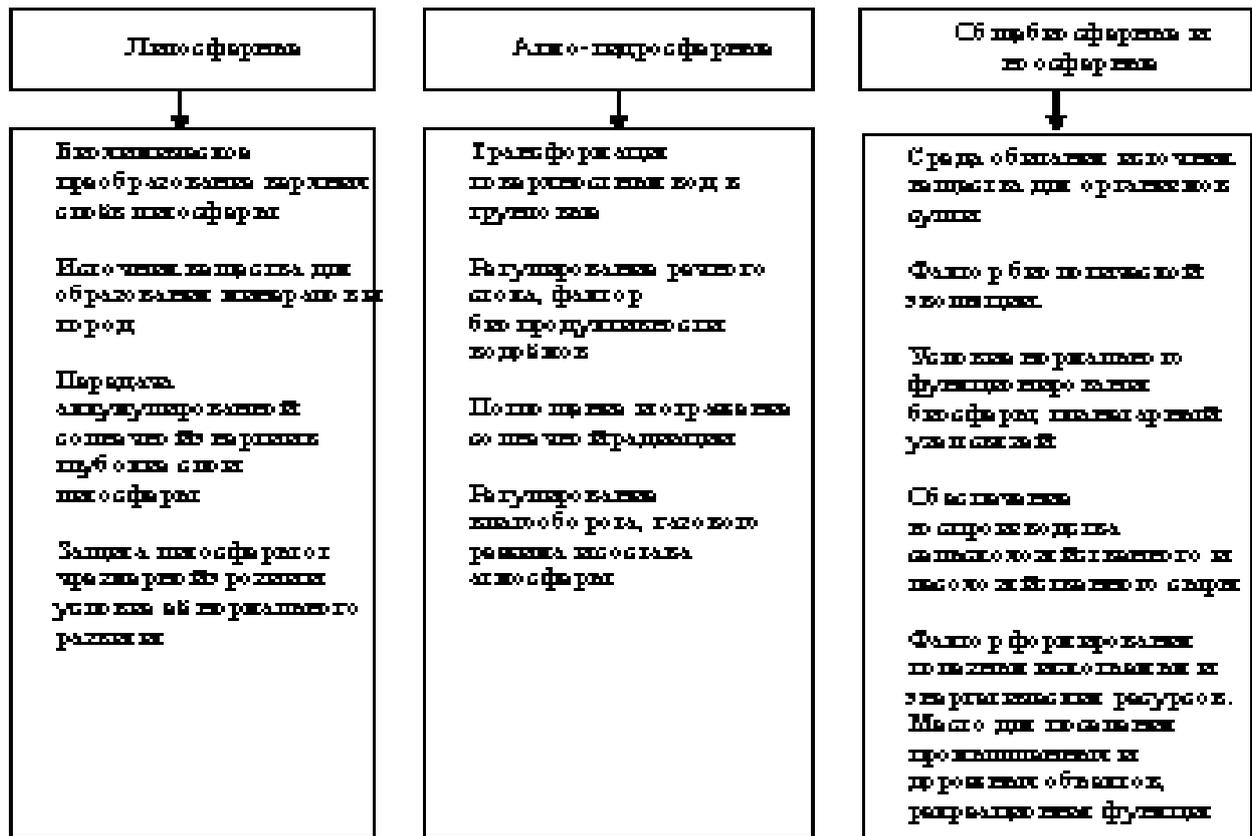


Рисунок 2. Глобальные функции почв

Результатом биохимического воздействия почвенных агентов выветривания на поверхностную часть литосферы является образование фонда лабильных соединений и элементов, создающего необходимые предпосылки для различного типа миграций веществ и круговоротов. При этом почва принимает как косвенное, так и прямое участие в данном процессе. Косвенная роль заключается в том, что без почвы вообще невозможно было бы активное биохимическое преобразование литосферы, т.к. она является средой обитания организмов суши. Непосредственное же участие почвы в рассматриваемом процессе многопланово: это и поставщик органических кислот специфической и неспецифической природы, возникающих в процессе почвообразования (гуминовые, фульвокислоты; кислоты, продуцируемые микроорганизмами), продуктов жизнедеятельности обитающих в ней микроорганизмов и т.д.

Другим следствием почвенного выветривания является резкое возрастание удельной поверхности преобразованных почвообразованием исходных массивно – кристаллических пород, что обуславливает проявление целого ряда природных процессов: адсорбция газов, элементов и соединений и т.д., т.е. создаёт условия всевозможных взаимодействий.

Под воздействием лабильных продуктов почвообразования происходит синтез в зоне гипергенеза различных минералов и соединений и концентрация ряда элементов: новообразований кремнезёма, коллоидальной гидроокиси железа, вадозных минералов фосфора, марганца, легко растворимых углекислот, серноокислых и хлористых солей, органоминеральных соединений и

глинистых минералов и т.д.

Почва является источником вещества для образования пород и полезных ископаемых. Так, формирование морских осадочных пород происходит за счёт вещества, поступающего с водоразделов и прошедших почвообразовательный процесс и служащих исходным материалом для образования различных субаквальных отложений. К почвам приурочены также определенные виды рудных месторождений – болотная, озёрная, дерновая руды, обогащённые железом, марганцем и другими элементами. Массы органогенной породы могут погружаться в более глубокие слои литосферы, где превращаются в различные виды угля, нефти и т.д. [8].

И, совершенно несомненно, что почва является защитным барьером литосферы от чрезмерной эрозии и условием нормального её развития. Разрушение почвенного покрова в результате природных и антропогенных причин неуклонно ведет к ослаблению этой функции почвы и усилению общей денудации поверхности литосферы, которая сильно упрощает или исключает многие процессы гипергенеза. Защищая поверхность литосферы от чрезмерной эрозии, почва является одним из условий её нормального развития.

Велика роль почвы в круговороте воды и функционировании гидросферы. Как точно отмечал В.И. Вернадский (1934), «Огромное значение в истории воды имеют почвенные растворы, облегающие за исключением пустынь, всю сушу и являющиеся основным субстратом жизни». Почвой контролируются все основные составляющие механизмы образования грунтовых вод, поскольку все атмосферные осадки

фильтруются через почвенный покров. Существенное значение имеет участие почвы в формировании речного стока. Именно от почвы зависит, какая часть атмосферных осадков с водоразделов поступит в реки в виде поверхностного стока, а какая – в виде грунтового, т.е. равномерность питания реки. Если почва отличается хорошей водопроницаемостью, то создаются более благоприятные условия для равномерного питания рек; при слабовыраженной впитывающей способности усиливается поверхностный сток.

Нельзя также не отметить роль почвы, как фактора биопродуктивности водоёмов за счет привносимых соединений. В водоёмы, большие и малые, попадает огромное количество элементов, в том числе биофильных. Речные воды несут мобилизованные на континентах элементы, из которых строят свои тела (скелеты, раковины и панцири) громадные массы морских животных, образуя мощные толщи осадочных пород.

В то же время почва является барьером, защищающим акватории от загрязнения. Благодаря своей огромной активной поверхности, почва снижает избыточное поступление элементов, в том числе вредных соединений в водоёмы.

Не менее важна роль почвы в формировании состава атмосферы: в регулировании содержания в ней CO_2 , оксидов N, включая закись азота, CH_4 и гомологичные ему соединения. Почвенный покров – это открытый своеобразный биореактор, в котором круговорот газообразных веществ осуществляет живое население и который не только поставляет названные и другие газы в атмосферу, но и удерживает в себе газообразные элементы, поступающие из недр Земли. Именно эта функция почвы позволяет, например, сохранить сложившийся баланс углекислого газа в атмосфере, а, следовательно, нормальное функционирование биосферы.

Подробно не останавливаясь на значении и роли почвы в жизни биосферы в целом (которые чётко обозначены в схеме авторов – рис. 2), необходимо подчеркнуть, что почва – это тончайшая пронизанная жизнью плёнка на поверхности Земли – является тем узлом, который всё в природе: живое и неживое связывает воедино, обуславливая её нормальное функционирование. Недоучёт экологической полифункциональности почв и многообразия их взаимодействия с различными компонентами природы может привести к всё более неустойчивому состоянию биосферы Земли с признаками глобализации катастрофических процессов [9]. Подтверждением сказанному является то, что стали появляться так называемые техногенные пустыни, т.е. полностью лишённые живой растительности. По данным Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды, на территории Российской Федерации состояние почвенного покрова в ряде регионов критическое. По состоянию на начало XXI века из 220 млн. га сельскохозяйственных угодий страны – 117 млн. эродированные и эрозионноопасные земли, 40 млн. га представлены засоленными почвами и солонцовыми комплексами, 26 млн. га переувлажнены и заболочены, 73 млн. га являются кислыми, около 5 млн. га загрязнены радионуклидами, на больших площадях почвы переуплотнены, прогрессирующе продолжается дегумификация, а в южных регионах – опустынивание (Калмыкия, Астраханская область и др.). За последние 20 лет площадь деградированных почв увеличилась в 1,6 раз (цит. по [9]). В связи с этим крайне важна оценка современного состояния почвенного покрова с целью выявления оптимальной продуктивности сельскохозяйственных культур в данных экологических условиях при сохранении природно-ресурсного потенциала. Но эта тема следующей работы.

Литература

1. Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод. Л., 1934.
2. Волобуев В.Р. Экология почв. Баку, 1963. 81с.
3. Гиляров М.С. Особенности почвы как среды обитания и её значение в эволюции насекомых. М. – Л.: издательство АН СССР, 1949. 268с.
4. Добровольский Г.В. Биосферно-экологическое значение почв / Плодородие и качество продукции при биологизации земледелия. М.: Колос, 1996. С 5 – 10.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. М.: Издательство МГУ, 1986. 136с.
6. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Почва в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261с.
7. Никитин Е.Д. Роль почв в жизни природы. М.: 1982. 93с.
8. Польшов Б.Б. Кора выветривания. М., 1934.
9. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере / Под редакцией Добровольского Г.В. М.: ГЕОС, 1999, 278с.
10. Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва – память и почва – момент