
И. В. КОВАЛЕВ, Н. О. КОВАЛЕВА

ЭКОЛОГО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ ПОЧВ В РАЗВИТИИ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Энергия Солнца, фотосинтетически связывающаяся на поверхности Земли в виде фитобиомассы растений, обеспечивает возможность жизни на нашей планете, многократно последовательно накапливаясь и сохраняясь в почвах и потребляясь популяциями гетеротрофов. Именно способность потреблять ресурсы до сегодняшнего дня являлась главным фактором прогресса гетеротрофной человеческой цивилизации.

При этом 98,5 % всех продуктов питания, в том числе 87 % – белкового, человек получает за счет сельскохозяйственного использования почвенного плодородия. Несмотря на малую толщину почвенного покрова Земли (всего 1–1,5 м, то есть 1/40 000 000 часть земного радиуса), в сущности, ее поверхностную пленку, именно эта пленка и является самой биологически продуктивной частью биосферы Земли (Добровольский 2007). Действительно, объем пищевых продуктов (по весу), добываемых человеком на суше, равен, по разным данным, 1,3 млрд тонн, а в океане, например, – всего 0,017 млрд тонн. Социальная значимость функции плодородия почв (способности почвы производить продукты питания) нарастает с увеличением численности населения. Сегодня царство «Человек» насчитывает 6 млрд особей, которые потребляют в год до 1 млрд т зерна, 100 млн т мяса, 600 млн т фруктов и лишь около 100 млн т рыбы. Расчет демографов и прогнозная теория роста народонаселения (Капица 2008) приводят к выводу, что к 2050 г. население Земли составит 9 млрд, а к 2150 г. – 10–11 млрд человек. Но быстрый рост численности населения («демографический взрыв») сопровождается обострением проблемы нехватки продовольствия: в современном мире 64 страны не обеспечивают себя продовольствием, 500 млн человек голодают, около 1 млрд человек хронически недоедают, 35 тыс. человек ежегодно умирают от голода (Реймерс 1994). Актуальность данной проблемы озвучена в

2009 г. специалистами Всемирного банка на прошедшем в Мадриде (Испания) саммите, посвященном мировому продовольственному кризису. Миллионам людей на планете грозит голод из-за роста цен на продукты питания.

Таким образом, функция плодородия почв определяет географию человеческой цивилизации, геополитику, является движущей силой прогресса. Если историю цивилизации разбить на периоды по их отношению к почве, то можно выделить следующие этапы (Карпачевский и др. 2008):

1. Человек живет в природе, пользуется ее плодами и не обращается к земледелию (палеолит).

2. Человек обратил внимание на постоянное возрождение окружающей природы, возвел это явление в религиозный культ и стал высевать растения, в основном злаки (по мнению многих ученых, это пшеница, однозернянка и двузернянка, ячмень, чечевица, вика, горох и лен), выполняя это действие как религиозный обряд (граница палеолита – неолита).

3. В результате многократного посева злаков и сбора урожая произошел искусственный отбор определенных злаков, и количество получаемых зерен позволило увеличить снабжение человека пищей. При этом земледелие требовало оседлости, а оседлость способствовала увеличению численности населения (неолит).

4. Человек начинает мелиорацию (улучшение) почв и налаживает орошаемое товарное производство сельскохозяйственных продуктов. Вся история человечества показывает, что в условиях аридного климата орошение почв было необходимым мероприятием как для развития сельского хозяйства, так и для существования человека. Об этом свидетельствуют находки древних оросительных систем в долинах Нила, Тигра и Евфрата, Амударьи и Сырдарьи, на территории Юго-Восточной Азии, Высокой Азии, Мексики и т. д.

5. Перед началом новой эры земледелие выходит из речных пойм на водоразделы, активно продвигается в гумидные ландшафты северных территорий и осваивает высокогорья. Культурные слои и пахотные горизонты огородных почв славянских племен обнаружены в ландшафтах полесий и ополей Днепра, Десны, Оки, Москвы-реки (Таргульян, Горячкин 2008), освоенные под пашню и пастбища пространства горных черноземов и черноземовидных

почв аланского этноса описаны нами в Карачаево-Черкессии (Ковалева, Косарева 2007).

6. Площадь почв, вовлеченных в земледелие, непрерывно расширяется к средним векам. В целом почвы в результате ведения хозяйства улучшают свои свойства: увеличивается мощность гумусового горизонта и качество гумуса в нем, в подзолистых почвах вплоть до полного исчезновения агротехническими приемами перерабатывается подзолистый горизонт, в окультуренных почвах нарастает количество фосфора, азота, калия (Ковалева 2008; Таргульян, Горячкин, 2008). При ирригации поливная вода, содержащая растворенные соединения и коллоидный осадок, способствует наращиванию мощности плодородного гумусового горизонта. При подсечно-огневой системе земледелия в лесной зоне почва обогащается зольными элементами, а в последующий залежный период – гумусом, что в конечном итоге уменьшает интенсивность подзолистого процесса. В условиях гумидного климата осушенные монастырские и крестьянские земли Северо-Западной Европы – обязательное условие стабильности общества и развития сельского хозяйства.

7. В XVIII–XX вв. количество земли на душу населения быстро уменьшается в связи с ростом населения и увеличением его потребностей. Возникает необходимость повышения плодородия почв искусственными методами: внесением удобрений в почву, осушением заболоченных почв. Выход в свет книги Ю. Либиха «Химия в приложении к земледелию и физиологии» (1840) произвел коренной переворот в развитии агрохимии, теории минерального питания растений в учении об истощении почв, о возврате в почву отчужденных с урожаем питательных веществ. Если долгое время средняя урожайность зерновых в мире до открытия законов минерального питания растений держалась на уровне – 5–10 ц с одного гектара, то к середине XX в. – она поднялась до 10–15 ц, к концу XX в. – до 25–27 ц, а в наиболее развитых в сельскохозяйственном отношении странах – до 70–80 ц/га (Добровольский 2002). Изобретение прессы по изготовлению гончарных труб в 1840 г. в Англии (Эггельсманн 1984) для осушения заболоченных почв через 20 лет позволило этой стране не только решить свою продовольственную проблему, но и потеснить главных конкурентов на хлебном

рынке Европы, увеличить численность населения страны и тем самым сделать рывок в развитии промышленности. Таким образом, почва в это время – инициатор технико-экономического прогресса.

8. Техногенный этап освоения почв в XX–XXI вв. характеризуется интенсификацией сельского хозяйства, широким применением машин и орудий, сверхмощной нагрузкой на экосистемы, резким сокращением площади почвенного покрова, также как и площадей естественных экосистем, в результате быстро исчезают целые популяции животных и растений, под угрозой оказалось здоровье человека. Ежегодно из сельскохозяйственного использования выбывает около 8 млн га за счет отчуждения на другие хозяйственные нужды (только в США для целей урбанизации ежегодно изымается около 1 млн га пахотных земель [Розанов 1984]) и около 7 млн га – в результате деградации почв. Разной степени деградации подвержены почти 2 млрд га почв, из них 55,6 % – за счет водной эрозии, 27,9 % – ветровой, 12,2 % – за счет засоления, загрязнения, истощения, 4,2 % – физического уплотнения и подтопления. Установлено, что за исторический период человечество уже утратило около 2 млрд га некогда плодородных земель. Это больше, чем вся площадь современного мирового земледелия, равная 1,5 млрд га (Добровольский 2007).

Самое серьезное и тяжелое для педосферы последствие интенсификации сельскохозяйственного производства – эрозия почв. Резко увеличивается деградация почв и уменьшается площадь почвенного покрова из-за превращения плодородных почв в пустыни. Эрозии подвержены почти все пахотные земли мира (9/10 всех потерь пахотных почв связаны с ветровой и водной эрозией) (Кузнецов, Глазунов 1996). По образному выражению Крупеникова (1985), «эрозия выполняет по отношению к почве роль гильотины – она в буквальном смысле обезглавливает: лишает верхних гумусовых горизонтов, в которых сосредоточено почвенное плодородие». Действительно, если засоленную почву можно рассолить, кислую – нейтрализовать, плотную – разуплотнить, то превратить эродированную почву в неэродированную уже невозможно. Яркими примерами последствий ветровой эрозии почв являются пыльные бури в США: в 1934 г. из 167 млн га более половины верхнего слоя потеряли 40 млн га. Экстенсивный подъем целины в Кулунде и Казахстане привел к разрушению естественного почвенного слоя, что

вызвало ветровую эрозию и привело к образованию песчаных пустынь на месте плодородных почв. За историю своего хозяйствования человек превратил в пустыню 1 млрд га продуктивных земель на всех континентах. В Российской Федерации более половины (57 %) сельскохозяйственных угодий эродированы или эрозионно-опасны, в том числе 65 % пахотных земель, каждый третий гектар пастбищных угодий эродирован (Быковская и др. 1999).

Нами показано (Евдокимова, Ковалева 1999), что даже сенокосное и пастбищное использование экосистем в пределах допустимых нагрузок (без перевыпаса) на фоне увеличивающейся продуктивности необратимо приводит к полному уничтожению видов разнотравья, интенсификации циклов биологического круговорота и выносу минеральных элементов за пределы используемых ландшафтов. Последующее заповедывание нарушенных участков не способствует восстановлению биоценозов. Критических стадий пастбищной дигрессии и полного разрушения экосистем (вплоть до стадии подвижных песков) достигают пастбища сухостепных и полупустынных регионов, если перевыпас скота сопровождается усилением засушливости климата (Кульпин 2001).

Катастрофическое состояние орошаемых почв вызвано развитием процессов засоления, осолонцевания и заболачивания. Так, орошение черноземных почв Юга России, сформированных на хвалыньских и майкопских соленосных почвообразующих породах, привело к засолению почв на площади, приблизительно равной площади Голландии. Механизм проявления этого негативного процесса обусловлен искусственной сменой типа выпотного водного режима на нетипичный для степных экосистем – промывной и смыканием поливной воды с засоленной грунтовой. В результате в условиях интенсивного испарения минерализованная грунтовая вода по капиллярам поднимается на поверхность и концентрируется в верхних горизонтах почв, делая их непригодными для использования. Существует мнение, что цивилизация Древнего Вавилона погибла от вторичного засоления почв и заиливания каналов при нерациональной бездренажной ирригации (Сарт 1971).

В результате неупорядоченных осушительных мелиораций деградировано около 1650 тыс. га осушенных угодий, или 23 % от их общей территории, за счет выхода на поверхность неплодородных минеральных горизонтов дна болот (скорость разложения осушен-

ного торфяника – 4 см и более в год), переосушения и пожаров, вторичного заболачивания и изменения гидрологического режима прилегающих массивов земель (действие только одного глубокого открытого канала при осушении торфяных почв распространяется в радиусе 12 км) (Ковалев, Ковалева 2004). В 50-е гг. прошлого столетия никто не ожидал, что бурный рост гидротехнического и ирригационного строительства, столь необходимый для ликвидации голода, приведет к катастрофическому распространению смертельного заболевания шистосомиазисом и речной слепотой (Розанов 1984).

Вместе с тем страны, реально решившие свои продовольственные проблемы, располагают огромными фондами мелиорированных земель. Так, в США, Германии, Голландии они составляют соответственно 60, 50 и 85 % площади сельскохозяйственных угодий (Добровольский 1999), и актуальным там является вопрос о восстановлении водно-болотных угодий. В России же площадь осушаемых и орошаемых земель в настоящее время составляет около 5 % от общей территории пахотных почв при выраженной тенденции к их сокращению из-за зарастания лесом осушенных массивов, выхода из строя оросительных систем.

9. Современный этап развития цивилизации отличается нарастанием кризисных явлений во всех сферах природопользования и осознанием того, что ресурсов легко осваиваемых почв на Земле не осталось. Высокоплодородные почвы составляют всего 3 % земной поверхности, а вместе со среднеплодородными – 12 % (Он же 2007). Поэтому разрабатываются методы перехода на эксплуатацию предельно омоложенных экосистем и даже от естественного к искусственному плодородию почв (гидропоника, генная инженерия, почвенные конструкции). Однако энергозатраты при производстве продуктов питания увеличились в 5–50 раз.

Угроза глобального экологического кризиса, возникшая на рубеже XX и XXI вв., заставляет пересмотреть монофункциональный подход к почвенным ресурсам как к средству производства продуктов питания и ставит перед естественными науками вопрос об изучении роли почв в устойчивом функционировании биосферы и в обеспечении экологически благоприятных условий жизни человека. Со всей очевидностью выяснилось, что почвенный покров Земли (педосфера) представляет собой общепланетарное образование, которое генетически неразрывно связано со всеми компонентами антропо-, гидро-, атмо-, лито- и биосферы

и с притоком энергии из космоса. Отсюда следует, что почвы следует рассматривать как важнейшую глобальную полифункциональную систему, обеспечивающую вместе с растительным покровом и почвенной биотой циклический характер воспроизводства жизни на планете (Добровольский 2007). Учение о множественности экологических функций почв разработано Г. В. Добровольским и Е. Д. Никитиным (1990) и легло в основу развития экологического почвоведения, широко используется в экологии и смежных дисциплинах. При этом под функциями почв в наземных экосистемах и биосфере понимают роль и значение почв и почвенных процессов в жизни указанных объектов, их сохранении, восстановлении и эволюции.

Глобальные функции почвенного покрова Земли можно сгруппировать в 4 большие группы по их общебиосферному и социально-экономическому потенциалу (см. таблицу).

Таблица

Глобальные функции почвенного покрова

Функции	Общебиосферный потенциал	Хозяйственно-экономический и социальный потенциал
1	2	3
I. Биоэкологическая	Поддержание биоразнообразия	<i>Районирование сельскохозяйственных культур и животных. Здравоохранение</i>
	Планетарный генофонд и хранилище материала для воспроизводства жизни	<i>Генофонд растений, животных и микроорганизмов. Селекция. Социальная география</i>
	Физико-механический	<i>Архитектура, строительство, дорожное строительство. Инженерное почвоведение</i>

Окончание табл.

1	2	3
II. Биогеохимическая	Энергетический	<i>Энергоресурсный (тепловая энергия торфа, горючих сланцев, нефти,</i>

		<i>природного газа)</i>
	Круговорот элементов	<i>Пищевые цепи, технобиохимия, ландшафтное планирование</i>
	Газово-атмосферный	<i>Квоты парниковых газов, изменение климата</i>
	Гидрологический	<i>Ресурсы питьевой воды</i>
	Буферный (нейтрализация и стабилизация токсичных элементов и соединений)	<i>Рекультивация</i>
	Литогенный	<i>Ресурсы полезных ископаемых</i>
	Регуляторный (регуляция структуры биоценозов, гидротермического режима)	<i>Производство средств защиты растений. Севообороты. Фитомелиорация</i>
III. Продукционно-деструкционная	Биопродуктивность	<i>Продуктивность лесо- и сельскохозяйственных угодий. Земельный кадастр. Регулятор плотности населения</i>
	Деструкция и утилизация отходов жизнедеятельности	<i>Переработка и утилизация отходов</i>
IV. Ноосферная	Эстетический	<i>Культурно-эстетический</i>
	Информационный	<i>Образование, наука</i>

Во-первых, общебиосферная функция **поддержания биоразнообразия** на планете, рассматривающая почву как уникальную среду обитания и жизнедеятельности огромного количества видов растений, грибов, животных, в том числе и человека, и микроорганизмов. Почвенный покров Земли часто называют оболочкой наибольшей плотности жизни. Действительно, в почве и на почве обитают 93 % видов сухопутных животных и 92 % видов растений. Достаточно сравнить плотность населения планеты, обитающего на дневных почвах континентов и скальных поверхностях или почвах, покрытых ледниковыми или водными покровами, чтобы увидеть

приуроченность человеческих поселений к регионам с развитой педосферой. Интересным примером невозможности существования человека вне естественных почв стал научный эксперимент по выживанию человека в искусственных биомах прототипа космической станции «Биосфера-2», сооруженной в пустыне Сонара (штат Аризона) на высоте 1160 м. Опыт дважды стартовал, и оба раза неудачно. При этом основные проблемы возникали из-за недоучета свойств почвенных конструкций (Broecker 1996).

Уникальность почв как среды обитания разнообразных форм жизни определяется тем, что на них и в них одновременно представлены твердое, жидкое и газовое состояние материи, а также минеральные и органические вещества, пригодные для питания как автотрофных, так и гетеротрофных организмов (Добровольский 2007). Таким образом, биоэкологическая функция почв эксплуатируется посредством формирования экологических ниш или временных убежищ для различного рода организмов. Только в одном грамме плодородной почвы насчитывается несколько десятков миллиардов микроорганизмов, а их общая сухая биомасса составляет до 2 т на 1 га. Органическое вещество почв (органогенный горизонт, слой подстилки, конкретный органический субстрат) может выступать как природным хранилищем микроорганизмов с ценными свойствами, так и лабораторным субстратом для поиска новых изолятов в целях биотехнологии.

Человек забыл о том, что он также существо ландшафтно- и почвенно-зонированное, так как за исторический период развития той или иной социальной общности были сформированы и характерные регионально-ландшафтные пищевые цепи: для человека, изначально проживающего в средней полосе, пищевой рацион базируется на зерновых, картофеле, мясе и молочных продуктах; для японцев – на морепродуктах и рисе и т. д. Глобализация общества противоречит заложенному в основе биосферного гомеостаза биоразнообразию и, как следствие, приводит к унифицированию видовых характеристик вплоть до полного их уничтожения. В природе же все организмы жестко привязаны к своим экологическим нишам. Не случайно резервации для малых народов – это не столько политический шаг, сколько предоставление способа выживания, основанного на сохранении трофических цепей, привычного спо-

соба хозяйствования, строительства жилищ и ландшафтного планирования.

Распространение болезней и устойчивость к ним также имеет явно выраженный зональный характер, хотя эти вопросы менее всего исследованы; известны лишь факты заболеваний щитовидной железы во внутриконтинентальных районах, где подзолистые почвы бедны йодом, или «уровская болезнь» суставов и костной ткани из-за необычного соотношения кальция, кремния и стронция в почвах Забайкалья. Митоз (болезнь мышц) как следствие избытка бора в почвах наблюдается на отгонных пастбищах Дагестана (Добровольский 2007).

Самой современной идеей *медицинского почвоведения* сегодня является мысль об экологической приуроченности определенных видов патогенных микроорганизмов к конкретным типам почв, в которых они переживают период покоя. Например, значительную роль в развитии аллергических заболеваний играют почвенные грибы, в заболоченных почвах субтропиков и тропиков размножаются комары – переносчики малярии, известны случаи долговременного микробиологического загрязнения почв бактериями столбняка, сибирской язвы, ботулизма (Там же). Установлено также, что из всех почвенных свойств наибольшее ингибирующее влияние на выживаемость патогенных амебо-резистентных бактерий оказывает содержание органического углерода, а самым неблагоприятным для них типом почв оказался чернозем (Евстигнеева и др. 2007).

Генофонд планеты. Именно в почвах сосредоточены основные запасы семян, спор и зачатков растений естественных биоценозов, обеспечивающих воспроизводство лесов, степей, лугов и т. д. Открытием последних десятилетий явилось обнаружение жизнеспособных спор микроорганизмов архейского возраста в мерзлотных грунтах (Таргульян, Горячкин 2008).

Физико-механическая функция почв обеспечивает устойчивость создаваемых человеком ландшафтов и сооружений, отвечает за механическую опору на земле животных, растений и жилищ. Общая длина корней одного распустившегося растения озимой пшеницы достигает 600 км, а на них находится около 15 млрд корневых волосков общей длиной в несколько тысяч километров. Подземная биомасса травянистых растений в 18–20 раз

превышает массу их надземных органов (Евдокимова, Ковалева 1999). Известно, что конструкции фундаментов зданий определяются физико-механическими свойствами почв, глубиной их промерзания, степенью гидроморфизма (влажностью). Эффективность дорожного строительства напрямую зависит от свойств почвенного покрова и является основой развития стран и регионов. Изобретаемым цивилизацией новым способам освоения окружающей среды уже недостаточно традиционных методов. Необходимы предложения экологических технологий функционирования водоемов и канализационно-септических станций, реставрации территорий на месте мусорных свалок и воинских частей, конструирования насыпных почв, организации кладбищ и т. д. На основе накопленных знаний и экспериментальных исследований авторами разработано новое направление науки о почвах – *инженерное почвоведение* (Ковалева, Ковалев 2008). Это прикладная наука, обосновывающая комплекс почвенно-технических мероприятий, призванных при строительстве зданий и сооружений сохранять окружающую среду или создавать условия для ее устойчивого существования. Стратегическая функция почв может быть использована в теории военного дела. По данным В. П. Чичагова (Карпачевский и др. 2008), только в Средние века за 1200 лет отмечено 44 войны в аридной зоне и 119 – в гумидной, в Новейшее время продолжительность периода без войн – соответственно 5 и 3 года. При этом войны происходили не только за передел земельных ресурсов, но и сама почва, вероятно, определяла исход сражений. Так, во времена крестовых походов битва между крестоносцами и сарацинами под предводительством Салаха эд-Дина ибн Айюба, известного как Саладин, происходила в июле в предгорьях Нижней Галилеи, где распространены сильнонабухающие, а в сухом состоянии – твердые с крупными трещинами слитые почвы. Большие трещины в слитой почве служили ловушками для груженных доспехами коней крестоносцев. Исход сражения, как и всей исторической кампании, был предрешен в пользу легкой конницы арабов (цит. по: Шеин 2005).

Битва при Ватерлоо окончилась поражением для Наполеона, вероятно, также благодаря почвам (время наступления было сдвинуто из-за влажной почвы, в результате Нижнерейнская прусская

армия под командованием фельдмаршала Г. Л. Блюхера ударила во фланг армии Наполеона).

Кто знает, какой была бы геополитическая карта мира, если бы итало-немецкие войска во Второй мировой войне в Северной Африке не были поражены. А виной этому явились слитые почвы (вертисоли), которые отдельными участками разбросаны по всей территории (Тунис, Алжир) (Мизури, Шеин 1996). Вертисоли – сильнонабухающие почвы, обладающие пластичностью и текучестью, не выдерживающие во влажном состоянии механических нагрузок, после дождя превратились в непроходимое болото для тяжелых немецких танков и артиллерии, чем успешно воспользовался британский фельдмаршал Монтгомери в конце октября – ноябре 1942 г.

Вторая группа важнейших общепланетарных функций почв объединяет функции биогеохимические. Почва – связующее геохимическое звено биологического, геологического и техногенного круговорота веществ в наземных экосистемах. Потребляя растительную и животную продукцию, выращенную на почвах, человек включается в те «пищевые цепи», которые связывают между собой химический состав почв, грунтовых вод, растений, травоядных животных. В каждом новом звене пищевых цепей происходит все большее накопление токсических веществ. Поэтому даже низкое содержание токсинов в почвах и водах создает опасные концентрации в продуктах питания (Добровольский 2007).

Образование биомассы сопровождается выносом на поверхность почв и в корнеобитаемые горизонты огромных масс химических элементов и их соединений. Подсчеты свидетельствуют (Ковда 1989), что ежегодно мобилизуется, проходит через растения, освобождается из опада, минерализуется при потреблении животными и микроорганизмами до $n \times 10^{10}$ т минеральных соединений различного типа. Массы измельченного вещества перемещаются в виде водных взвесей и растворов, в форме пыли и аэрозолей от возвышенностей к низменностям, морям и океанам, погребаясь геологическими отложениями. Из пищевых цепей биогеохимического круговорота вырывается полностью в геологические осадки около 5–10 % общей массы мигрирующих веществ и консервируется в породе (литогенная функция). Под влиянием почвенных

процессов происходит выветривание минералов, формируются глинистые минералы, биоминералы, угли, карбонатные породы, торф.

В этом глобальном миграционном процессе создаются зоны концентрации тех или иных веществ и наоборот: зоны обеднения – различные геохимические провинции. Поскольку на земной поверхности основной геохимический поток направлен в рамках большого геологического круговорота веществ для 70 % суши – в океан и для 30 % – в замкнутые бессточные депрессии, но всегда – от более высоких отметок к более низким в результате действия гравитационных сил, соответственно идет и дифференциация вещества земной коры: от высоких отметок к низким, от суши – к океану. Как следствие, почвы средних, нижних частей или основания склонов становятся «складом» химических элементов или загрязняющих веществ, выносимых грунтовым и поверхностным стоком с повышенных элементов рельефа, даже весьма отдаленных. Крупные автострады станут источником тяжелых металлов (обладающего психотропным действием свинца, а также весьма токсичных: ртути, мышьяка, хрома, меди и цинка). С выхлопными газами в почву попадают канцерогенные для человека бензапирен и бензантрацен (указанные соединения образуются в количестве 1,5 мкг на 1 км пути). Расположенные выше по уклону мусорные свалки создают угрозу перемещения в рельефе и загрязнения почв и растительной продукции хлорорганическими, полифенольными и иными токсичными соединениями. Сельскохозяйственные объекты (фермы, поля, навозохранилища) и не оборудованные септиками туалеты являются источником нитратов и болезнетворных микроорганизмов и т. д. (Ковалева 2002).

Тесно взаимосвязана с вышеописанной гидрологическая функция почв в биосфере. Фильтруясь через почвенный покров, атмосферные осадки воспринимают зональные и региональные особенности химического и минералогического состава почв (Ковалева, Ковалев 2004). По нашим данным, например, вынос магния и нитратов с дренажным стоком на осушенном массиве превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в 5–7 раз (Ковалев 2001). Неслучайно В. И. Вернадский связывал с биохимическими

процессами в почвах не только загрязненность грунтовых вод, но даже и солевой состав морской воды (Добровольский 2007).

Газово-атмосферная функция. Невозможно переоценить ресурсный потенциал органического вещества почв в формировании источников и стоков атмосферных газов, формировании состава атмосферы и регулировании климата планеты. Гумусовые горизонты почв, торфяники, подводные почвы и сапропели, древние органогенные и современные болотные почвы, погребенный гумусированный мелкозем вывели из атмосферы прошлого огромное количество углекислоты. При этом баланс углекислого газа в экосистемах и его поступление в атмосферу определяется соотношением скоростей двух глобальных процессов – эмиссии CO_2 в результате дыхания почвенных гетеротрофов, разлагающих опад, и стока CO_2 в виде чистой первичной продукции. Функция контроля почвами состава атмосферного воздуха за счет «дыхания» почв должна учитываться при прогнозах изменений климата. Сумма данных по «дыханию» почв России только для вегетационного периода составляет 3,1 млрд т/год, что в 5 раз больше индустриальной эмиссии. Тундровые, таежные и лесостепные биогеоценозы России за счет малой продукции, но еще меньшей деструкции выступают резервуарами для диоксида углерода планеты: 41 млрд т накапливается в лесах, 116 млрд т – в торфе, 180 млрд т – в гумусе почв (Заварзин 2007). В тропических лесах продукция и деструкция углеродсодержащих соединений уравновешены, то есть находятся в климаксном состоянии, что снимает общественное мнение по поводу «легких планеты» для этих лесов. Однако сведения о стоке углерода, азота, метана и т. д. в увеличивающихся свои площади почвах полугидроморфного ряда на мелиорированных ландшафтах отсутствуют. Следовательно, защищая гумусовые горизонты почв от окисления и эрозии, поддерживая положительный баланс гумуса, дозируя количество осушительных мелиораций, можно оптимизировать содержание углекислого газа в атмосфере и контролировать изменение климата планеты (Ковалева 2003). Необходим и возможен экономический контроль над «квотами» углекислого газа для землевладельцев и землепользователей.

Энергетическая функция. По мнению В. А. Ковды и И. В. Якушевской (1971), гумусовая оболочка суши и мелководий со-

держит до $n \times 10^{19}$ ккал космической энергии. Ископаемое органическое вещество, созданное биосферами прошлого, содержит около $n \times 10^{23}$ ккал. Растительные остатки, поступаая в почву, несут 17–21 кДж энергии на 1 г сухого вещества, 1 г гуминовой кислоты содержит от 18 до 22 кДж, 1 г фульвокислоты – 19 кДж, 1 г липидов – 35,5 кДж энергии. Почвенно-растительные экосистемы как бы противостоят энтропии, удерживая на сотни, тысячи и миллионы лет накопленную солнечную энергию в гумусе, торфе, сапропеле, углях. Таким образом, органическое вещество современных и ископаемых почв играет роль мирового аккумулятора и распределителя энергии. Почвы, содержащие среднее количество органического вещества (4–6 %), накапливают на 1 га столько энергии, сколько дают 20–30 т антрацита.

Энергия гумуса и органических остатков в почвах служит базой существования и деятельности высших и низших животных, микроорганизмов, основой почвенного плодородия, основным энергетическим ресурсом человеческой цивилизации. По данным Реймерса (1994), потенциальные запасы угля составляют 10125 млрд т, ежегодный расход – более 3500 млн т (каменный) и 1550 млн т (бурый). Значительны также и запасы торфа – 150 млрд т (по углероду) с ежегодным накоплением 210 млн т. Весьма перспективно использование разного рода органических отходов, которые в настоящий момент явно недоиспользуются. Неучтенной остается биоэнергия компостов, требуют дальнейшей разработки проблемы утилизации биоэнергии мусорных свалок (Ковалева 2003).

Регуляторные функции в биосфере почва осуществляет посредством стимуляции и ингибирования биохимических процессов с помощью метаболитов растительного или микробного происхождения. Среди них – ферменты, антибиотики, фитонциды, токсины, витамины, стимуляторы роста. Обнаружена высокая отрицательная корреляция между содержанием полифенолов и продуктивностью экосистем, фенольные соединения оказывают ингибирующее воздействие на процесс нитрификации (Van Breen 1992). Как ответ на генную модификацию растение наращивает содержание лигноцеллюлозы за счет уменьшения количества белков, углеводов, витаминов.

Жизненно важное значение имеет и функция буферности почв (саморегулирующийся гомеостаз), под которой понимается способность почвы сохранять свои основные характеристики неизменными при внешних воздействиях и трансформировать последние в направлениях, сглаживающих векторы неблагоприятных факторов, будь то загрязнение тяжелыми металлами, радионуклидами или пестицидами, кислотные осадки или засоленная оросительная вода и т. д. Буферность почв тем больше, чем больше в них коллоидных частиц и гумуса, то есть выше в черноземах степи и лесостепи, в серых лесных почвах среднерусской полосы, и значительно ниже – в таежных подзолах или бурых лесных почвах Европы. А значит, и устойчивость почв к негативным воздействиям разная и имеет свои конкретные пределы.

Санитарная функция почвенного органического вещества базируется на его способности адсорбировать и подавлять патогенные микроорганизмы, удерживать тяжелые металлы и радионуклиды, снижая их доступность растениям. Известна детоксицирующая роль органического вещества в утилизации гербицидов, минеральных удобрений, нефти, синтетических волокон, бензапирена и т. д. Очевидна ресурсная ценность органического вещества почв в рекультивационных мероприятиях, в организации буферных зон вокруг токсичных производств, в оздоровлении населения загрязненных территорий. Медико-санитарная функция почвенного органического вещества эксплуатируется посредством использования отдельных извлекаемых из него соединений в фармацевтической промышленности. Это и изготовление противовоспалительных препаратов на основе вытяжек гуминовых кислот, и «мумие», и лечебные грязи и т. д. Возможности использования ресурса органического вещества почв с этой точки зрения безграничны (ферменты, витамины, антибиотики, липиды и т. д.)

Естественные почвы обычно обладают самоочищающей способностью, которая определяется комплексом почвенных свойств, препятствующих сохранению в почвах большинства возбудителей болезней (Мишустин, Емцев 1987). Однако современное техногенное воздействие на почву приводит к быстрому расширению спектра патогенных агентов человека, выживающих в объектах окру-

жающей среды. Создание таких условий заложено в самом техническом прогрессе, когда появляются многочисленные разнообразные новые местообитания и экологические ниши, весьма благоприятные для потенциально патогенных микроорганизмов на фоне неуклонного снижения иммунных барьеров человека.

К третьей группе функций почвенного покрова следует отнести продукционно-деструкционную способность почв. По величине биологической продуктивности почвы Земли существенно отличаются друг от друга, однако это не отменяет биосферной равнозначности ни одной из них. Действительно, древостой карельского леса, произрастающий на кислых бедных питательными веществами подзолах, не уступает урожаем сои на черноземах Краснодарского края, а превосходит их по планетарной ценности. Оленьи стада, выращенные на покрытых ягелем мерзлотно-глеевых почвах, не могут быть заменены для аборигенов Севера отарами курдючных овец, пастбища которых приурочены к каштановым почвам сухой степи. Какие из этих почв более плодородны? С точки зрения биогеосистемы дивные вечнозеленые леса Батумской бухты нуждаются в совершенно бесплодных покрывающихся железистым панцирем вне естественного биогеоценоза красноземах, в то время как тучные высокогумусированные черноземы заповедной Стрелецкой степи сохраняют свои свойства лишь под покровом сухого, низкорослого и редкостойного ковыля. Поэтому черноземы, вывезенные во время Второй мировой войны в Германию или в наше время в Московскую область для целей ландшафтного озеленения, не дают ожидаемых от них положительных результатов. Под влиянием гумидного климата происходит быстрое выщелачивание кальция, нарушается почвенная структура, и царь всех типов почв превращается в слитую глинистую почву, нуждающуюся в мелиорации.

Таким образом, плодородие почв – это скорее величина интегральная, экономическая, присвоенная почвам человеческой цивилизацией. Непонимание же огромной биосферной ценности малопродуктивных почв приводило и приводит к катастрофическим ошибкам в ландшафтном планировании и использовании земель.

Деструкционная функция. Неотъемлемое и незаменимое свойство почв – это не только возможность концентрировать

живое вещество, но и уникальная способность консервировать и утилизировать отмершие органические ткани. Известно, что почвенный покров, населенный бесчисленным количеством макро-, мезо- и микроорганизмов, является паразивным образованием. Надземная и подземная биомасса растений, животных и микроорганизмов, их прижизненные выделения и метаболиты ежечасно поступают в почву. По подсчетам Л. О. Карпачевского, если суша занимает 149 млн км^3 , или 14900 млн га , то при средней ее продуктивности 10 т/га в год производится 149000 т органического вещества. За последние 100 млн лет произведено $149 \cdot 10^{12} \text{ т}$ органики. При плотности органического вещества $0,1 \text{ т/м}^3$ оно имело бы объем $149 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$, или 149 млрд км^3 на каждом кв. км, – 1 млрд км^3 , – если бы почва его не утилизировала. Таким образом, почва – главный «дом» отмершего органического вещества, в котором живет большинство его деструкторов, а сама этимология слова «почва» – от слова «почить», «почивать».

Четвертая группа биосферных функций почвенного покрова может быть объединена в группу *н о о с ф е р н ы х*. Действительно, почва в силу высокой инерционности ряда своих параметров обладает большим *и н ф о р м а ц и о н н ы м* ресурсным потенциалом, который может быть использован в целях палеоклиматических реконструкций, восстановления ландшафтных обстановок и изучения условий жизни человека в различные исторические эпохи. При этом, как показано в наших предыдущих работах (Kovaleva 2004), информативнее всего оказываются свойства почв, записанные на микро- и наноуровне строения почв (погребенное органическое вещество почв и мелководий, отношение гуминовых кислот к фульвокислотам, оптические плотности гуминовых кислот, содержание и фракционный состав лигниновых фенолов, изотопные отношения $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ гумуса и карбонатов и т. д.). Информационная емкость почв, по расчетам Козловского и Горячкина (Таргульян, Горячкин 2008), – около 10^{20} бит, а способы записи информации – книгоподобная (в аккумулятивных ландшафтах) или иконоподобная (на водоразделах). Материальным носителем и хранителем информации об истории цивилизации в ноосфере является культурный слой (антропосоль, антрополит или антропоседимент). При

этом длительность сохранности информации о поселениях в нем максимальна (и этим успешно пользуются археологи) – до 10^2 – 10^3 лет, об агрогенном использовании – 10^1 – 10^2 лет, а о выпасе и вырубке – минимальна – 10^0 – 10^1 лет (Там же).

Отдельного упоминания заслуживает и интенсивно развивающаяся эстетическая функция почв. Медальонная текстура бугров пучения мерзлотно-тундровых почв или ветровая рябь на поверхности серо-бурых пустынных почв, расцвеченная разнотравными элементами дернина средней полосы или полигональная поверхность такыров вдохновляют ландшафтных архитекторов и художников, формируют психоэмоциональную сущность пейзажа. Горе-художники пробуют свои силы в написании картин почвой, а вертикальное озеленение крыш и стен – самое современное направление дизайна городской среды. Как здесь не вспомнить одно из семи чудес света – сады Семирамиды. Удивительное свойство строения почвенных капилляров (так называемые «жаменовские цепочки») при устройстве почвенных конструкций обеспечило этим садам в условиях аридного климата долговременную живописность.

Итак, эволюция биосферы обнаруживает, что на всех этапах ее развития почвы являлись биосферным ресурсом общепланетарной значимости, обладающим многосторонними функциями в поддержании общепланетарного гомеостаза и в формировании среды обитания для самой жизни. Жизнь же с течением времени расширяла и преумножала эти функции. Сможет ли человеческая цивилизация гармонично соответствовать им, чтобы сохранить себя как вид, как часть биосферы? Вот главный вопрос, без ответа на который биосфера выживет, а дальнейшее прогрессивное развитие цивилизации вряд ли возможно.

Литература

Быковская, Т. К., Ковалева, Н. О., Парамонова, Т. А. 1999. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и состояние почв России. *Аграрная наука* 7: 25–26.

Добровольский, Г. В.

2007. Экологическая роль почвы в биосфере и в жизни человека. *Роль почв в биосфере. Труды ИЭП МГУ им. М. В. Ломоносова*. Вып. 8 (с. 5–23). М.: МАКС-Пресс.

Добровольский, Г. В. (отв. ред.)

1999. *Структурно-функциональная роль почвы в биосфере*. М.: ГЕОС.

2002. *Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем*. М.: Наука.

Добровольский, Г. В., Никитин, Е. Д. 1990. *Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв)*. М.: Наука.

Евдокимова, Т. И., Ковалева, Н. О. 1999. Роль биологического круговорота в эволюции ландшафтов северного Тянь-Шаня. *Вестник МГУ. Серия 17: Почвоведение* 3: 24–29.

Евстигнеева, А. С., Ульянова, Т. Ю., Тарасевич, И. В. 2007. Выживаемость *Soxiiella burnetii* в почвах. *Почвоведение* 5: 622–627.

Заварзин, Г. А. (отв. ред.) 2007. *Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России*. М.: Наука.

Капица, С. П. 2008. Демографическая революция и Россия. *Век глобализации* 1: 192.

Карпачевский, Л. О., Зубкова, Т. А., Ковалева, Н. О., Ковалев, И. В., Ашинов, Ю. Н. 2008. *Почва в современном мире. Опыт популярного изложения вопросов современного почвоведения*. Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг».

Ковалев, И. В. 2001. Сезонная динамика и состав дренажного стока в серых лесных оглеенных почвах. *Мелиорация и водное хозяйство* 1: 32–33.

Ковалев И. В., Ковалева, Н. О. 2004. Торф – почва или удобрение? *Сад своими руками* 8: 38–39.

Ковалева, Н. О.

1996а. Рекреационные территории и экологическое благополучие населения. *Государственная программа «Экологическая безопасность России (1993–1995 гг.)». Результаты реализаций РЭФИА*. Т. 4. М.: Изд-во РЭФИА.

1996б. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства. *Государственная программа «Экологическая безопасность России». Результаты реализаций РЭФИА*. Т. 9. М.: Изд-во РЭФИА.

2002. О необходимости смотреть под ноги, или чем опасна почва. *Сад своими руками* 12: 11–13.

2003. Биосферный ресурс органического вещества почв. *Оценка и учет почвенных ресурсов. Труды ИП МГУ – РАН*. Вып. 3 (с. 126–139). М.: МАКС-Пресс.

2008. Палеопочвы как источник палеоклиматической и палеоландшафтной информации. *Материалы V съезда Всероссийского общества почвоведов им. В. В. Докучаева* (с. 327). Ростов н/Д.

Ковалева, Н. О., Ковалев, И. В.

2004. Где «лежит» вода. *Сад своими руками* 6: 11–13.

2008. Инженерное почвоведение и почвенно-ландшафтный инжиниринг. *I Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям»* (с. 134–135). М.

Ковалева, Н. О., Косарева, Ю. М. 2007. Палеопочвы средневекового аланского городища Кяфар (Карачай). *Роль почв в биосфере. Труды ИП МГУ – РАН*. Вып. 8 (с. 102–113). М.: МАКС-Пресс.

Ковда, В. А. 1989. *Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты*. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР.

Ковда, В. А., Якушевская, И. В. 1971. Биомасса и гумусовая оболочка суши. *Биосфера и ее ресурсы* / под ред. А. Н. Тюрюканова (с. 132–141). М: Наука.

Крупеников, И. А. 1985. *Сохраним и приумножим (рассказы об охране почв)*. Кишинев: Картя молдовеняскэ.

Кузнецов, М. С., Глазунов, Г. П. 1996. *Эрозия и охрана почв*. М.: Изд-во МГУ.

Кульпин, Э. С. 2001. Средневековый социально-экологический кризис в степях Восточной Европы. *Экология и почвы. Избранные лекции X Всероссийской школы*. Т. IV (с. 102–111). Пушино.

Либих, Ю. 1936 [1840]. *Химия в приложении к земледелию и физиологии*. М.; Л.: Огиз; Сельхозгиз.

Мишустин, Е. Н., Емцев, В. Т. 1987. *Микробиология*. М.: Агропромиздат.

Мизури Маауна Бен Али, Шейн, Е. В. 1996. Сравнительная агрофизическая характеристика некоторых набухающих почв Туниса. *Почвоведение* 9: 1084–1088.

Реймерс, Н. Ф. 1994. *Экология*. М: Россия Молодая.

Розанов, Б. Г. 1984. *Основы учения об окружающей среде: учеб. пособие*. М.: Изд-во МГУ.

Таргульян, В. О., Горячкин, С. В. (отв. ред.) 2008. *Память почв. Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий*. М.: Изд-во ЛКИ.

Шенин, Е. В. 2005. *Курс физики почв: учебник*. М.: Изд-во МГУ.

Эггельсманн, Р. 1984. *Руководство по дренажу* / пер. с нем. В. Н. Горинского. 2-е изд. М.: Колос.

Carr, D. T. 1971. *Death of the sweet waters*. New York.

Broecker, W. S. 1996. The Biocycle and me. *GSA today* 6(7): 1–7.

Van Breemen, N. 1992. Soils: biotic constructions in a gaian sense? *Responses of forest ecosystems to environmental changes*. London; New York: Elsevier Applied Science.

Kovaleva, N. 2004. Northern Tian Shan paleosol sequences as a record of major climatic events in the last 30,000 years. *Revista Mexicana de Ciencias geologicas* 21(1): 71–78.