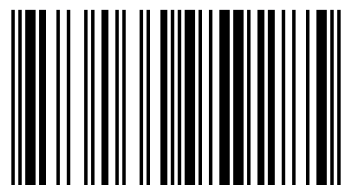




Метаболизм – универсальный механизм функционирования всех живых систем от клетки до биосферы, энергетический двигатель жизни на всех уровнях ее организации. В книге сделана попытка перенести полученные знания с уровня экосистем на уровень биосферы – экосистемы глобального масштаба. Метаболизм экосистем – это циклическая смена трех функций, преобразующих живое вещество экосистемы: анаболизм, ренатуризм, катаболизм. Цикл метаболизма экосистем замкнут на 99% за счет минимального потребления ресурсов и минимального количества отходов, не превышающих 1%. Изучение метаболизма экосистем позволило установить три фазы их жизнедеятельности: 1) зарождение и становление зональных экосистем; 2) функционирование зональных экосистем в стационарном режиме; 3) метаморфоз экосистем при изменении факторов среды. Фазы 1, 3 совершаются в реальном масштабе времени. Фаза 2 существует в геологическом масштабе времени и оставляет след в виде седиментов осадочных пород: карбонатные лессы отложены степными экосистемами, покровные суглинки – лесными экосистемами умеренного пояса, латериты – тропическими экосистемами. Это календарь геологической истории Земли.



Керженцев Анатолий Семенович - доктор биологических наук, профессор экологии, Лауреат премии Правительства РФ, Саратовский сельскохозяйственный институт, Главный научный сотрудник Лаборатории функциональной экологии Института фундаментальных проблем биологии Российской академии наук, автор 300 работ по почвоведению и экологии.



978-613-4-95928-5

Анатолий Керженцев

Метаболизм биосферы - вечный двигатель ЖИЗНИ

Универсальный механизм
функционирования живых систем

Анатолий Керженцев

Метаболизм биосферы - вечный двигатель жизни

Анатолий Керженцев

**Метаболизм биосферы - вечный
двигатель жизни**

**Универсальный механизм функционирования
живых систем**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Imprint

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:

LAP LAMBERT Academic Publishing

is a trademark of

International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group

17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page

ISBN: 978-613-4-95928-5

Copyright © Анатолий Керженцев

Copyright © 2018 International Book Market Service Ltd., member of
OmniScriptum Publishing Group

All rights reserved. Beau Bassin 2018

Анатолий Керженцев

МЕТАБОЛИЗМ БИОСФЕРЫ – ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ЖИЗНИ
Универсальный механизм функционирования живых систем.

2018

Керженцев Анатолий Семенович

Метаболизм биосферы – вечный двигатель жизни. Универсальный механизм функционирования живых систем. 2018. 111 с.

Метаболизм – универсальный механизм функционирования всех живых систем от клетки до биосферы, энергетический двигатель жизни на всех уровнях ее организации, что позволяет перенести знания, полученные на одном уровне организации жизни на другие уровни. Метаболизм клеток и многоклеточных организмов давно и успешно изучает физиология (человека, животных, растений, микроорганизмов). Функциональная экология (Керженцев, 2006) начала изучение метаболизма экосистем. В книге сделана попытка перенести полученные знания на уровень биосферы – экосистемы глобального масштаба. Метаболизм экосистем – это циклическая смена трех функций, преобразующих живое вещество экосистемы, ее экомассу: анаболизм, ренатуризм, катаболизм. Цикл метаболизма экосистем замкнут на 99% за счет минимального потребления ресурсов и минимального количества отходов, не превышающих 1%. Изучение метаболизма экосистем позволило установить три фазы их жизнедеятельности: 1) зарождение и становление зональных экосистем; 2) функционирование зональных экосистем в стационарном режиме; 3) метаморфоз экосистем при изменении факторов среды. Фазы 1, 3 совершаются в реальном масштабе времени (1-5 тысячи лет). Фаза 2 существует в геологическом масштабе времени (сотни тысяч лет стабильного климата) и оставляет за собой заметный след в виде седиментов осадочных пород, характерных для конкретных экосистем: карбонатные лессы отложены степными экосистемами, покровные суглинки – лесными экосистемами умеренного пояса, латериты – тропическими экосистемами. Этим объясняется зональность почвообразующих пород, замеченная геологами и почвоведом в начале прошлого века. Стратиграфия геологических разрезов и скважин – это точный и вечно хранимый календарь природы, который еще предстоит расшифровать в деталях, чтобы получить точные до столетий даты смен природных зон на данной территории в геологической истории Земли. Состав слоя укажет тип экосистем, отложивших данный слой, а мощность позволит определить время, в течение которого этот слой накопился. А тип экосистем и время ее существования укажет на период стабильного климата, под контролем которого функционировала данная экосистема.

Для специалистов в области экологии, географии, геологии, почвоведения, геоботаники, студентов и аспирантов естественных факультетов вузов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	4
Глава 1. Экспансия жизни и факторы ее ограничения.	9
1.1. Ограниченный запас биофильных элементов.	9
1.2. Диапазон гидротермических условий, пригодных для жизни.	13
1.3. Перманентная утилизация отходов метаболизма в биосфере.	16
1.4. «Изобретения» эволюции на уровне экосистем.	25
Глава 2. Метаболизм биосферы и его способность саморегуляции.	34
2.1. Метаболизм живых систем.	34
2.2. Жизненный цикл экосистемы, педоценоза.	42
2.3. Концепция «кризисного управления» метаболизмом биосферы как альтернатива концепции «устойчивого развития».	47
Глава 3. Скорость метаболизма и возраст экосистем биосферы.	55
3.1. Генезис рендзин как пример жизненного цикла экосистем.	55
3.2. Скорость метаболизма экосистем биосферы.	74
3.3. Вечно хранимый календарь природы.	86
Заключение.	99
Литература.	105

Введение

Движущая сила эволюции жизни – экспансия, которую В.И.Вернадский сравнил с давлением пара. Ее мощная энергия ограничена двумя факторами: конечным запасом биофильных элементов, участвующих в биокатализе, и ограниченным диапазоном факторов среды, пригодных для биохимических реакций. Приток биофильных элементов извне биосфера получает в форме аккреции Землей космической пыли и метеоритного вещества со средней скоростью 0,6 т/км²/год (Голенецкий, 1981). За 4,5 млрд. лет существования Земли аккреция накопила пул биофильных элементов, содержащихся в настоящее время в живой и отмершей биомассе биосферы. Гигантская масса накопленных биосферой биофильных элементов поддерживается в стабильном состоянии благодаря непрерывному циклу метаболизма – механизма биологического круговорота веществ, который обеспечивает жизнь бесконечного множества живых организмов, населяющих нашу планету. Энергия для синтеза живой биомассы поступает от солнца. Она распределяется по земной поверхности неравномерно и создает разнообразие условий благоприятных для биоты. Это разнообразие описано законом природной зональности. Максимально благоприятные для жизни условия сложились в экваториальном поясе Земли, где сформировались гилеи – экосистемы дождевых тропических лесов с максимальной продуктивностью и видовым разнообразием. Минимально благоприятные условия сформировали экосистемы арктических и аридных пустынь с минимальной продуктивностью и видовым разнообразием. В соответствии с градиентом благоприятности гидротермических условий по земной поверхности распространились конкретные биомы, а в пределах их ареалов конкретные типы экосистем по тому же принципу. Первые экосистемы сформировались в биоме гилей при максимально благоприятных условиях среды. Затем по мере заполнения благоприятного ареала экспансия жизни вынуждала биоту осваивать территории с менее благоприятными условиями путем изобретения новых жизненных форм и кооперативных конструкций, позволяющих биоте функционировать в оптимальном режиме при менее благоприятных условиях (Керженцев, 2014). Завоевание менее благоприятных условий требовало дополнительных энергетических затрат на формирование новых типов генома, что отражалось на уменьшении продуктивности новых экосистем и снижении их биоразнообразия. Каждый тип экосистем адаптировался к конкретному диапазону гидротермических условий до тех пор, пока не достигал своего уровня гомеостаза – динамического равновесия с гидротермическими условиями и мог функционировать в стационарном режиме, при котором вся биота могла пройти весь цикл онтогенеза и дать здоровое потомство. После адаптации к местным

условиям среды каждая экосистема переходила на стационарный режим функционирования с постоянной скоростью метаболизма и его результативностью, соответствующей данному диапазону гидротермических условий.

Метаболизм – универсальный механизм биологического круговорота веществ на всех уровнях организации жизни: клетки, многоклеточного организма, экосистемы, биома, биосферы. Метаболизм клеток и многоклеточных организмов давно и успешно изучает физиология человека, животных, растений, микроорганизмов. Метаболизм экосистем как способ их функционирования практически не изучен. Первые шаги его изучения были предприняты в серии наших предыдущих работ (Керженцев, 2006, 2012, 2014). Настоящая книга представляет собой попытку переноса закономерностей, характерных для механизма функционирования экосистем, на уровень биосферы, которая по существу является экосистемой глобального масштаба и обладает всеми свойствами экосистем, совокупность которых она и представляет собой.

Метаболизм – это энергетический двигатель жизни на всех уровнях ее организации и развития от клетки до биосферы, что позволяет использовать знания, полученные на одном уровне, для изучения метаболизма на других уровнях организации жизни. Эволюция жизни по существу представляет собой постоянный поиск и «изобретение» новых жизненных форм и кооперативных конструкций, повышающих эффективность функционирования живых систем. Цикл метаболизма современных экосистем замкнут на 99%, значит, отходы метаболизма и его потребности не превышают 1% годовой продукции. Отходы метаболизма экосистема утилизирует в безопасную для биоты форму и отправляет их в атмосферу, гидросферу и литосферу. Эти незначительные потери она компенсирует за счет атмосферных выпадений, включающих космическую пыль и метеоритные вещества, которые близки по химическому составу биомассе.

Биосфера Земли до появления человека функционировала в стационарном режиме, согласованном с условиями глобального климата, все биохимические процессы были гармонично связаны друг с другом, поддерживали общий для всех уровень гомеостаза. Природные катаклизмы на какое-то время выводили биосферу из состояния динамического равновесия, но с помощью сукцессионных циклов она возвращалась в исходное состояние и продолжала функционировать в стационарном режиме.

Такая гармония стала нарушаться после того как Человек с помощью техники и технологий превратился в геологическую силу и своими потребностями нарушил гомеостаз биосферы. Он постепенно превратил биосферу в антропосферу, вызвал глобальных

экологический кризис, который стал угрозой существования самого человека как биологического вида, не способного адаптироваться к среде иного качества.

Откуда же у человека появилась такая мощь, что она стала сравнимой с гигантскими силами природы? Дело в том, что человек разумный оказался единственным видом, который сумел безнаказанно нарушить закон природы, ограничивающий рост численности популяций наличием ресурсов. Сначала он по праву сильного присвоил часть ресурсов, предназначенных другим видам и обрек их на вымирание. Потом, по праву умного, добыл и освоил ресурсы, недоступные другим видам. Каждая новая находка сопровождалась ростом численности популяции человека до тех пор, пока не достигла предела возможностей природы по обеспечению этих многократно возросших потребностей человека и сопровождающих его животных. Неимоверно возросшая масса вторичной продукции (зоомассы) с ее потребностями создала дефицит первичной продукции (фитомассы) – основы трофической пирамиды. Кроме того, человек, в погоне за комфортом, создал новый класс вещества в биосфере – третичную антропогенную продукцию, включающую искусственные вещества и материалы, машины и механизмы, здания и сооружения, отходы производства и потребления, бытовые отходы. Утилизировать эту гигантскую массу природные редуценты оказались не в состоянии, а человек пока не озаботился эффективной переработкой собственных отходов. Человек накопил гигантскую массу отходов, которая законсервировала дефицитные биофильные элементы, участвовавшие раньше в метаболизме экосистем, и создала из их локальных скоплений очаги загрязнения среды обитания человека как биологического вида, не способного адаптироваться к среде иного качества. Даже незначительные отклонения от нормы химического состава воздуха, воды и пищи вызывают патологические нарушения в организме человека.

При столь мощном давлении антропогенного пресса на природу говорить об устойчивом развитии не приходится. Для того, чтобы вернуть биосфере прежний уровень гомеостаза, придется убрать из видового состава биосферы человека разумного – главного нарушителя динамического равновесия. А для того, чтобы сохранить в биосфере человека с его растущими потребностями, нужно создать новый более высокий уровень гомеостаза и постоянно поддерживать этот уровень с помощью природоподобных технологий. Популярная сегодня концепция устойчивого развития в принципе не осуществима, поскольку не учитывает состояние биосферы и ее ресурсов и нарастающее давление на нее человека – главного нарушителя гомеостаза биосферы.

В качестве альтернативы бесперспективной концепции «устойчивого развития» была предложена концепция «кризисного управления» или «управляемой эволюции» (Яблоков и

др., 2014, 2016, 2017) в которой описана возможность бесконфликтного перехода современной антропосферы в будущую ноосферу как наиболее благоприятный для человека выход из глобального экологического кризиса.

Для выхода из глобального экологического кризиса с минимальными издержками человек с помощью высоких технологий должен взять на себя выполнение функций продуцента и редуцента, чтобы установить новый повышенный уровень гомеостаза биосферы с учетом потребностей сверхпопуляции консументов. Вернуть прежний уровень гомеостаза биосферы не получится, поскольку для этого из нее придется удалить человека как главного нарушителя гомеостаза биосферы. С этим биосфера легко справится самостоятельно. А для того, чтобы в биосфере сохранить популяцию человека с его возросшими потребностями и вездесущей техносферой, придется создать новый повышенный уровень гомеостаза с учетом потребностей возросшей численности населения Земли с помощью «кризисного управления» или концепции «управляемой эволюции биосферы». При этом управлять надо не биосферными процессами, а деятельностью человека в строгом соответствии с законами природы. Эта здоровая и перспективная идея А.В.Яблокова безусловно нуждается в дальнейшей проработке и внедрении как альтернатива бесперспективной идее устойчивого развития.

Однако человек разумный (*Homo Sapiens*) пока не избавился от первобытных инстинктов: алчности, агрессии, милитаризма. Он даже не осознал реальную опасность для себя глобального экологического кризиса, принимая многочисленные предупреждения за страшилки экологов, мешающие развитию экономики. Осознать реальную опасность и составить программу благополучного выхода из экологического кризиса сможет человек просвещенный (*Homo Illuminatus*), глубоко овладевший знаниями законов природы. Но реализовать эту программу он не сможет, поскольку для ее реализации нужны гигантские материальные и интеллектуальные ресурсы, политическая воля лидеров человеческого сообщества. Эту задачу может решить человек благородный (*Homo Nobilis*), который избавится от примитивных инстинктов человека разумного, объединит материальный и интеллектуальный потенциал человечества, пожираемый сейчас милитаризацией, и направит его на решение проблемы благополучного выхода из глобального экологического кризиса путем бесконфликтного перехода антропосферы в ноосферу в соответствии с предсказаниями В.И.Вернадского. Энтузиастов экологов, которые предупреждают общественность и правительства об опасности экологического кризиса и разрабатывают новые технологии производства и потребления, безопасные для природы и человека, можно считать первыми представителями нового подвида человека просвещенного (*Homo*

Pluminatus). По мере нарастания негативных последствий экологического кризиса, их число будут увеличиваться, а среди них будут появляться представители следующего подвида - человека благородного (Homo Nobilis), на которого возлагается вся надежда на спасение человеческой популяции в будущей ноосфере.

Эволюция человека не означает, что придется ждать, когда все население станет просвещенным или благородным. Для изменения мировой ситуации достаточно, чтобы эволюционировало в новый подвид 10% населения. Именно эта активная категория людей пассионариев способна проложить новый путь развития для всего сообщества, которое охотно последует за новыми лидерами.

Глава 1. Экспансия жизни и факторы ее ограничения.

В.И.Вернадский очень точно определил значение экспансии жизни как стимула эволюции: «Давление водяного пара и давление жизни аналогичны». (Vernadsky, (1926), 1998, с.67). Он же первым заметил наличие граничных условий экспансии жизни: «Постоянство запаса веществ, которые могут быть использованы в процессах жизнедеятельности, а также постоянство потока солнечной энергии, по-видимому, однозначно определяет интегральные рамки жизненных процессов. Эволюция живых форм определяется борьбой между различными индивидуумами и их сообществами разных уровней за возможность использования определенной доли этих благ». (Вернадский, 1928, с.230). Мощнейшее давление экспансии жизни на Земле сдерживается двумя факторами: 1) дефицитом доступных биофильных элементов и 2) узким диапазоном благоприятных для биоты гидротермических условий.

Вместе с тем, эволюция живых форм не ограничивается борьбой между индивидуумами и их сообществами за возможность использования определенной доли этих благ. В гораздо большей степени эволюция живых форм определяется кооперацией разнородных узко специализированных организмов и их сообществ, для эффективного использования ограниченного запаса жизненных благ, то есть пищевых ресурсов и благоприятных условий среды. (Фаминцын, 1867; Ризположенский, 1892; Кропоткин, 1902; Маргелис, 1983 и др).

1.1. Ограниченный запас биофильных элементов.

Первый фактор, ограничивающий экспансию жизни, не очевиден, поскольку атмосфера, гидросфера и литосфера содержат полный и казалось бы неограниченный набор химических элементов. Однако растениям трудно добыть биофильные элементы из геологических пород, а азот из атмосферы. Они не имеют аппарата для разрушения кристаллической решетки минералов, к тому же соотношение элементов в минералах совсем иное, чем требуется для построения биомассы (Александрова, 1980; Базилевич, Титлянова, 2008; Базилевич, Гребенчиков, Тишков, 1986). Атмосферный азот практически не доступен для усвоения растениями (Ковда, 1984, 1990; Минеев, 1984). А самое главное – у растений нет нужды затрачивать огромную энергию на разрушение кристаллической решетки минералов, чтобы извлечь элементы минерального питания (ЭМП). Фитоценоз получает весь набор необходимых ЭМП без энергетических затрат в качестве отходов метаболизма педоценоза, который использует в пищу отмершую биомассу и высвобождает из нее минеральные элементы в качестве отходов.

В.И.Вернадский (1926) выделил 7 типов вещества в биосфере: 1) живое, 2) биогенное, 3) косное, 4) биокосное, 5) вещество в стадии радиоактивного распада, 6) рассеянные атомы, 7) вещество космического происхождения. При изучении природы самыми важными считаются: живое, косное, биокосное. Вещество космического происхождения стоит в конце списка как случайное и несущественное для живых систем.

В естественных экосистемах растения получают необходимые им для фотосинтеза минеральные элементы в доступном виде без дополнительных энергетических затрат от педоценоза – комплекса сапротрофной и гетеротрофной почвенной биоты, которая питается отмершей биомассой, а в качестве отходов выделяет минеральные элементы, необходимые фитоценозу (Керженцев, 2006, 2012, 2014).

Изучение состава твердых атмосферных выпадений (Г.П.Вдовыкин, 1970; С.П.Голенецкий и др., 1981, 1983; Н.П.Юшкин, 1997, 2007; А.В.Витязев, Г.В.Печерникова, 2005, 2007; А.А.Баренбаум, 2002, 2003, 2007) показало, что вещество космического происхождения имеет прямое отношение к биологическим процессам, поскольку его химический состав очень близок составу биомассы и есть основания утверждать, что именно этот тип вещества является главным источником биофильных элементов в биосфере, и что конечность его запасов на Земле служит ограничителем экспансии жизни.

Многолетние исследования твердых атмосферных выпадений С.П.Голенецкого с сотрудниками (1981, 1983) показали, что соотношение химических элементов в биомассе и почве почти полностью совпадает с их соотношением в космической пыли и метеоритном веществе, которые поступают на Землю из Космоса в результате аккреции на протяжении 4,5 млрд. лет существования нашей планеты со средней скоростью $0,6 \text{ т/км}^2/\text{год}$. «Расчетные данные по скорости притока из атмосферы нескольких химических элементов с высокими коэффициентами обогащения (КО) в составе глобальных аэрозолей показали, что по порядку величины приток всех элементов за время существования Земли совпадает с их содержанием в земной коре» (Голенецкий и др., 1981, с.114).

Участие космической пыли и метеоритного вещества в биологических процессах подтверждают исследования геологов (Г.П.Вдовыкин, 1970; Н.П.Юшкин, 1997, 2007; А.В.Витязев, Г.В.Печерникова, 2005, 2007; А.А.Баренбаум, 2002, 2003, 2007). Их исследования показали, что за время существования Земли накопилось значительное количество биофильных элементов, растворенных в океанских водах и осевших на поверхности земной суши. По всей вероятности именно эти легко доступные запасы минеральных элементов послужили основой для появления на Земле первых живых существ

- прокариот и обеспечили их эволюционные превращения вплоть до современных млекопитающих.

Аккреция Землей космической пыли и метеоритного вещества явилась главным поставщиком биофильных элементов доступных для автотрофных организмов, а их ограниченный запас стал лимитировать объем биомассы в биосфере. Когда похолодание климата в протерозое привело к резкому снижению доступности биофильных элементов, биота стала искать и находить способы экономного расходования их ограниченных запасов. Живым организмам стало гораздо выгоднее кооперироваться друг с другом, чем конкурировать за пищевые ресурсы.

По данным М.А. Федонкина (2008) на рубеже архея и протерозоя произошло резкое изменение температуры атмосферы и океанских вод от 50-60 до 8-10⁰С. Если считать, что на каждые 10⁰С понижения температуры скорость химических и биохимических реакций снижается в 3-4 раза, то в данном случае она снизилась в 20 раз. Понижение температуры уменьшило доступность химических элементов до уровня микроэлементов. Главным их резервуаром стала сама биота. По мнению М.А.Федонкина, геохимическое истощение биосферы при понижении температуры в архее и раннем протерозое, особенно металлами, вовлеченными в биокатализ, вынудило биоту решать проблему тремя путями: 1) образование факультативных и облигатных симбиозов на основе обмена отходами жизнедеятельности; 2) гетеротрофии – поглощения живых организмов с их геохимически богатым содержимым; 3) сапротрофии – деструкции и поглощения отмершей биомассы с высвобождением в качестве отходов минеральных элементов, которые стали доступным ресурсом для автотрофных организмов. «Оксигенизация биосферы в результате похолодания стала катастрофой для прокариотной анаэробной биоты и вынудила ее к поиску защиты от кислорода архаичных типов метаболизма, а также утоления геохимического голода. Эукариотная клетка, образованная симбиозом прокариот, минимизировала потери вещества и энергии». (Федонкин, 2008, с. 433):

Специализация биоценозов по типам питания на продуцентов, консументов и редуцентов стала главным стимулом и серьезным основанием для их объединения в автономную экосистему с общим для всех участников циклом метаболизма, отличающимся высокой степенью замкнутости круговорота вещества и энергии (Горшков, 1995; Марчук, Кондратьев, 1992). В метаболизме экосистемы ее компоненты получают пищевые ресурсы без дополнительных энергетических затрат в форме отходов жизнедеятельности партнеров (Фаминцын, 1867; Ризположенский, 1892; Кропоткин, 1902; Керженцев, 2006, 2012, 2014).

Минимизация потерь вещества и энергии происходит на всех уровнях организации живых систем: клетка, многоклеточный организм, экосистема, биосфера. По мнению П.А.Кропоткина (1902) цит. по А.Г.Лапенису, 2004, с. 294): «В великой борьбе за жизнь для достижения ее наибольшей полноты и насыщенности при наименьших затратах энергии естественный отбор постоянно ищет пути, на которых можно максимально избежать конкуренции. Взаимопомощь такой же закон природы, как и взаимная вражда». П.А.Кропоткин (1902) отметил способность организма для сохранения энергии занимать свое место в самом конце соответствующей пищевой цепи. «Такой организм не тратит, например, энергию на борьбу за ресурсы питания и может мирно сосуществовать с другими видами сообщества, находящимися на более низких уровнях питания». (Kropotkin, 1902 (1972).

Известный почвовед, соратник В.В.Докучаева Р.В.Ризположенский (1892) еще в конце XIX века писал: «Основной причиной взаимопомощи среди организмов является выгода от совместного участия в процессе питания, когда одни организмы усваивают доступную только им пищу, одновременно трансформируя ее в пищу, доступную другим организмам (например, отношение между автотрофами и гетеротрофами и т.д.)».

Кооперация специализированных организмов и их сообществ стала обычным механизмом эволюции как на микроэволюционном (эукариотная клетка), так и на макроэволюционном уровне (экосистема, биосфера). Она является результатом взаимовыгодного обмена компонентами отходами жизнедеятельности. В.Р.Вильямс (1949, с. 492) очень метко сказал: «Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного – заставить его вращаться по замкнутой кривой». Метаболизм эукариот, многоклеточных организмов, экосистем и биосферы вращает биофильные элементы по замкнутой кривой биологического круговорота со степенью замкнутости 99% общей массы. (Марчук, Кондратьев, 1992; Горшков, 1995).

Симбиоз специализированных прокариот образовал эукариотную клетку (Маргелис, 1983), симбиоз цианобактерий и грибов образовал лишайники (Фаминцын, 1867), а симбиоз специализированных по типам питания биоценозов (фитоценоза, зооценоза и педоценоза) образовал экосистему, которая минимизировала потери вещества и энергии до 1% экомассы. (Горшков, 1995; Керженцев, 2006, 2012, 2014). Весь вещественный и энергетический запас экосистемы содержится в ее живой и отмершей биомассе (экомассе). Стабильность общего пула накопленных экосистемой биофильных элементов обеспечивается цикличностью метаболизма, где происходит непрерывный процесс фазовых превращений накопленного вещества: минеральная масса-биомасса-мортмасса-минеральная масса-биомасса.

Потери метаболизма современных экосистем, которые не превышают 1% их экомассы, компенсируются новыми поступлениями космической пыли, метеоритного вещества и продуктами выветривания горных пород. Поэтому пул биофильных элементов в биосфере поддерживается в стабильном состоянии, ограничивая рост глобальной биомассы. Она растет за счет «изобретения» новых кооперативных конструкций биоты. Абсолютные потери метаболизма биосферы переходят необратимо в геологический круговорот, пополняя состав атмосферы, гидросферы и литосферы. В литосфере откладываются твердые отходы метаболизма экосистем в форме осадочных пород: глинистых куган, железомарганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов (Л.С.Берг, 1926, 1927; Неуструев, 1925; П.С.Коссович, 1911; А.Н.Соколовский, 1933; Б.Б.Полынов, 1934; Б.Л.Личков, 1945; В.А.Ковда, 1990).

1.2. Диапазон гидротермических условий, пригодных для жизни.

Второй фактор, ограничивающий экспансию жизни изучен достаточно полно и обобщен в виде закона природной зональности. Каждый тип экосистем, каждый биом биосферы ограничен конкретным диапазоном климатических, а точнее гидротермических условий, которые контролируют видовой состав каждой экосистемы и каждого биома, а также гарантируют оптимальный режим функционирования биоты, входящей в состав данной экосистемы, данного биома. Весь огромный набор видов биосферы ограничен вполне определенным диапазоном температур, в пределах которого могут совершаться биохимические реакции и физиологические процессы. Крайними точками толерантности биоты служат температуры 4 и 45⁰С, которые означают прекращение биохимической активности (4⁰С) и свертывание белков (45⁰С). Наиболее благоприятными для биоты являются температуры около 30⁰С. Поэтому бытовые холодильники настроены на биологический нуль (+4⁰С), а ферментеры и автоклавы на 28-30⁰С, обеспечивающие максимальную продуктивность микроорганизмов.

Наземная биота реагирует одновременно на соотношение температуры и влажности почвы, а мы оцениваем эти параметры в отдельности. Уверенно показываем на графиках четкое влияние температуры, но с оговоркой, в зависимости от влажности. Так же уверенно изображаем влияние влажности с оговоркой, в зависимости от температуры. Поэтому наши прогнозы продуктивности экосистем при колебаниях климата так редко оправдываются.

Мы попытались изобразить совместное влияние температуры и влажности почвы на биоту экосистем в виде гидротермического поля (ГТП), которое образуется проекцией колокола, образуемого кривыми температуры и влажности почвы (Керженцев, 2014).

Границей поля служат условия анабиоза: температуры ниже 4 и выше 45⁰С, влажность почвы ниже 10 и выше 90% ПВ (полной влагоемкости). Существование видов экстремалов, способных жить при отрицательных температурах, в горячих источниках, в безводных пустынях и переувлажненных болотах мы не учитывали. Наиболее благоприятной для жизни считается температура около 30⁰С, влажность около 60% ПВ (Воронин, 1986).

Биота существует в границах круга гидротермического поля (ГТП), в центре которого сосредоточены самые благоприятные сочетания условий: температура около 30⁰С, влажность около 60% ПВ. От центра ГТП к его периферии последовательно располагаются диапазоны по градиенту убывания благоприятных условий до предельных значений температуры +4 и +45⁰С и влажности 10 и 90% ПВ. За пределами ГТП находится зона анабиоза, где способны существовать только виды-экстремалы (рис.1).

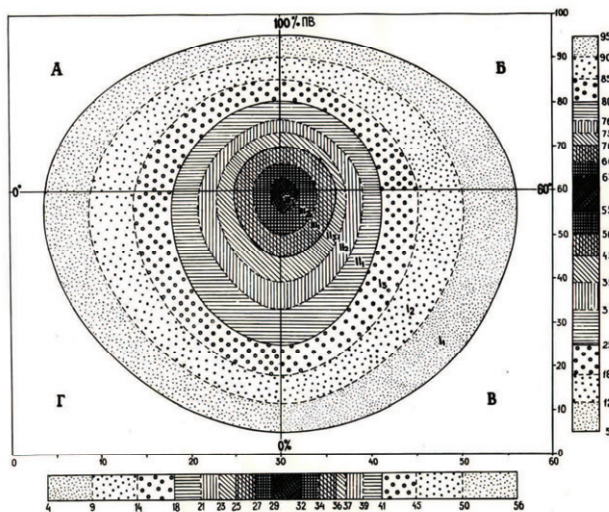


Рис.1. Гидротермическое поле биосферы.

Количественные значения диапазонов нами взяты из разных источников, однако их можно уточнить по другим источникам и критериям. Здесь важен сам принцип оценки, поскольку вся биота адаптирована к конкретному диапазону условий, в границах которого она может функционировать в оптимальном режиме. Пессимальный и экстремальный режимы снижают иммунитет биоты и ее конкурентоспособность (Гамалей, 2015). Этот принцип лежит в основе географической зональности. Границы диапазонов ГТП

зафиксированы контурами мировой почвенной карты. Каждый тип экосистем располагается в диапазоне оптимальных для него гидротермических условий. (Докучаев, 1949; Неуструев, 1976; Берг, 1950; Герасимов, 1976; Волобуев, 1973 и др.).

Изменения условий в границах этого диапазона сопровождаются компенсирующими флуктуациями параметров экосистем в виде обратимых изменений продуктивности и соотношений видового состава. Выход условий за пределы оптимального диапазона в сторону пессимума или экстремума сопровождается метаморфозами экосистем, перестройкой видового состава до полного соответствия его оптимального режима измененному диапазону условий. При этом происходит смещение границ экосистем путем заполнения приграничной полосы экотона видами наступающей экосистемы. Похолодание климата смещает границы в сторону экватора, а потепление – в сторону полюсов. (Берг, 1918, 1947, 1950). Тесная связь биологических процессов с климатическими условиями давно вошла в обиход многих естественных наук в виде закона природной зональности.

Итак, экспансия жизни сдерживается ограниченным пулом биофильных элементов и узким диапазоном благоприятных для биоты гидротермических условий. Эти ограничения вынуждали биоту постоянно «изобретать» новые жизненные формы, совершенствовать структуру организмов и конструкцию их сообществ, повышающих эффективность функции метаболизма, снижающих энергетические затраты на производство единицы биомассы и уменьшающих потери вещества экосистемы в геологический круговорот. Высшим достижением эволюции следует считать биосферу – экосистему глобального масштаба, способную к саморегуляции. Гармонию биосферы нарушил человек, который стал геологической силой.

Человек разумный, благодаря разуму и изобретенной на ее основе технике и технологии, многократно усилил физиологические возможности своего организма (зрение, слух, скорость передвижения, подъемную силу, скорость вычислений и т.п.). Это позволило ему присвоить часть ресурсов, предназначенных другим видам, а затем добыть и освоить ресурсы, недоступные другим видам. Этим он снял ограничения роста численности популяции, зависящие от ресурсов, то есть нарушил закон природы, обязательный для всех видов. Неограниченный рост численности населения Земли и потребностей каждого человека достиг предела возможностей биосферы и создал условия глобального экологического кризиса, который стал угрожать существованию самого человека как биологического вида.

Для выхода из глобального кризиса человек должен гармонично вписать свою деятельность в цикл метаболизма биосферы и обеспечить неукоснительное соблюдение

законов природы (Керженцев, 2008). Он должен не подчинить себе природу, а наоборот, подчинить человека законам природы, которая за миллионы лет эволюции создала гармоничную и устойчивую систему взаимодействия между живыми существами и средой их обитания. Надо изучить и усвоить этот колоссальный опыт для создания гармоничных отношений между человеком и окружающей его природой. Человек-консумент с помощью технологий должен взять на себя ответственность за выполнение нарушенных им природных функций продуцента и редуцента.

Человек своей активностью превратил биосферу в антропосферу, которую теперь необходимо преобразовать в ноосферу с минимальными издержками для человека. Но для этого человек как биологический вид должен пройти этапы собственной эволюции. «Человек разумный» (*Homo Sapiens*), в погоне за жизненным комфортом, создал условия для экологического кризиса, но до сих пор не осознал его опасного приближения. Оценить эту опасность сможет «человек просвещенный» (*Homo Illuminatus*), овладевший глубокими знаниями законов природы. Он сможет не только оценить опасность глобального экологического кризиса, но и составить программу бесконфликтного перехода биосферы в ноосферу как разумного выхода из кризиса (Керженцев, 2008). Реализовать эту программу сможет «человек благородный» (*Homo Nobilis*), избавленный от пороков первобытного потребительства, алчности, агрессии, милитаризма. Он сможет организовать деятельность людей в полном соответствии с законами природы, направить огромный интеллектуальный и материальный потенциал человечества, пожираемый милитаризацией, на решение проблемы сохранения популяции «человека благородного» (*Homo Nobilis*) на борту космического корабля по имени Земля, одиноко блуждающего в бескрайних просторах Космоса с ограниченным запасом ресурсов и постоянно растущей численностью экипажа. Тогда сбудутся предсказания В.И.Вернадского о переходе биосферы в ноосферу и о растекании Жизни по Земле, ближнему и дальнему Космосу. Тогда станут реальностью слова Великого мечтателя К.Э.Циолковского: «Планета есть колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели!» Даже помечтать об этом приятно и полезно!

1.3. Перманентная утилизация отходов метаболизма в биосфере.

В процессе эволюции жизни метаболизм экосистем оказался самым эффективным процессом воспроизводства биомассы. Кооперация биоценозов, специализированных по типам питания (фитоценоза, зооценоза и педоценоза) связала их единым циклом метаболизма в рамках автономной экосистемы. Цикл метаболизма экосистем замкнут на 99% ее годичной продукции (Горшков, 1995; Марчук и Кондратьев, 1992), следовательно отходы

метаболизма не превышают 1% и для их компенсации оказалось вполне достаточно атмосферных выпадений, включающих метеоритные вещества, космическую пыль и продукты выветривания горных пород. Огромная масса вещества биосферы многократно вращается по замкнутой кривой метаболизма с такими минимальными потерями, которыми можно пренебречь и условно считать экосистему замкнутой системой с ошибкой 1%. Этот уникальный механизм перманентной утилизации отходов биосфера выработала в процессе эволюции жизни в течение многих миллионов лет. Поэтому биосферу можно назвать самой рентабельной фабрикой по производству живой биомассы с самым высоким КПД 99%.

В свое время В.Р.Вильямс (1949) очень метко выразил существо цикла метаболизма: «Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного – заставить его вращаться по замкнутой кривой». Все экосистемы и биосфера в целом сформировались и функционируют в соответствии с этим принципом. Если бы человеку удалось использовать этот механизм в своей хозяйственной деятельности, проблема глобального экологического кризиса отошла бы за горизонт, и человек сумел бы осуществить благополучный переход антропосферы в ноосферу. Но для этого необходимо понять и описать природный механизм, с помощью которого мудрая природа решила проблему полной утилизации отходов. Функциональная экология – совсем молодая наука, изучающая механизм функционирования природных экосистем, позволяет решить начальную задачу – описать алгоритм утилизации отходов в общем цикле метаболизма экосистем.

В современной науке метаболизм известен давно как принцип обмена веществ или биологический круговорот веществ. Биологи трактуют метаболизм как единство синтеза и распада органического вещества в процессе жизнедеятельности всех живых существ путем взаимодействия двух противоположных функций: анаболизма и катаболизма. Анаболизм – это процесс ассимиляции простых минеральных веществ в сложные органические, а катаболизм – процесс диссимиляции сложных органических веществ в простые минеральные. Такая трактовка относится к метаболизму клетки и многоклеточного организма. На уровне экосистемы и биосферы как экосистемы глобального масштаба этого оказалось недостаточно. Пришлось добавить еще одну важную функцию – ренатуризм (возрождение), которая завершает жизненный цикл всех живых существ путем воспроизводства себе подобных в следующем поколении и последующего отмирания. Результатом функции ренатуризма являются плоды, семена, споры, зародыши, а также отмершая биомасса (мортмасса). Отмершая биомасса поступает в распоряжение педоценоза,

где сапротрофная и гетеротрофная биота превращает ее в минеральные элементы, необходимые фитоценозу для синтеза новой биомассы.

Кооперация экосистемы устроена таким образом, что каждый ее вид является утилизатором отходов каких-то других видов. А те отходы, которые обходят этот фильтр, подвергаются двойной утилизации на уровне метаболизма экосистемы в целом с помощью процессов гумификации и кристаллизации. Гумификация временно консервирует потенциально токсичные отходы метаболизма, связывая их в устойчивые органо-минеральные соединения и сохраняя «лишние» минеральные элементы в безопасном для биоты состоянии до востребования фитоценозом. После минерализации гумуса почвенной микрофлорой, часть освобожденных минеральных элементов усваивает фитоценоз, а не усвоенные и потому потенциально токсичные элементы подвергаются биокристаллизации. Эти элементы, прочно связанные кристаллической решеткой в форме глинистых кутан, железо-марганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов становятся безопасными для биоты и откладываются в виде слоев осадочных пород с характерными признаками для данного типа экосистем. Степные экосистемы откладывают толщи лессовых карбонатных пород, лесные экосистемы умеренного пояса – бескарбонатные покровные суглинки, гилей – дождевые тропические леса откладывают толщи красноцветных латеритов. Песчаные массивы образуются в результате механического выветривания скальных пород в суровых климатических условиях полярных и жарких пустынь. Именно эти закономерные связи легли в основу представлений о зональности почвообразующих материнских пород, замеченной геологами и почвоведом еще в начале XX века. По мнению Б.Л.Личкова (1945) эти породы являются почвообразованными дочерними, а не почвообразующими материнскими породами, что гораздо больше соответствует действительности.

Многие растения являются накопителями тяжелых металлов и радионуклидов. Грибы также замечены как накопители радионуклидов. Эта специализация направлена на очищение почвы от токсичных элементов, поскольку накопители элементов от их избытка в организме не страдают. А после отмирания эти элементы в мортмассе подвергаются гумификации и последующей кристаллизации. Сначала временная консервация с возможностью использования полезных элементов, а потом окончательная необратимая консервация лишних отторженных экосистемой элементов с помощью кристаллической решетки и безопасной для биоты упаковки в минералы осадочной породы с надежным захоронением в литосфере. Гниющая мортмасса с обилием свободных радикалов и минеральных элементов создает благоприятные условия для самопроизвольной биокристаллизации в гелях. Но

сначала происходит селективный отбор конкретных элементов конкретными видами грибов и растений, их концентрация в живых организмах. Потом накопление их в мортмассе, объединяющей отмершие остатки всех видов-накопителей в массу подстилки. Последующее высвобождение элементов при разложении подстилки и почвенного гумуса. Частичное усвоение нужных элементов фитоценозом и кристаллизация ненужных потенциально токсичных элементов с последующим захоронением продуктов кристаллизации в виде слоя осадочных пород литосферы.

Для организации индустрии рециклинга эти природные процессы имеют принципиально важное значение. Накопленные массы отходов можно подвергать разным типам утилизации с помощью физических, химических, биологических технологий. Что касается будущих отходов, то они должны подвергаться утилизации уже в процессе производства. Иными словами в каждой технологии производства и потребления должен быть заложен алгоритм утилизации отходов. Тогда у каждого крупного производства останутся незначительные общие отходы, для утилизации которых необходимо создать общий технологический процесс с окончательным захоронением заключительной массы отходов в безопасном для боты состоянии в недрах литосферы. Иными словами в ходе любого производства необходимо не только рециклировать накопленные массы отходов, но и полностью исключить в будущем накопление отходов.

1.4. «Изобретения» эволюции на уровне экосистем.

Все началось с недоумения А.В.Яблокова, высказанного им в ходе дискуссии на одной из научных встреч: «Почему изучение эволюции на уровне экосистем застопорилось?» Для поиска ответа на этот, казалось бы, простой вопрос мне пришлось перечитать массу литературы, сравнить разные иногда противоположные подходы к решению проблемы эволюции живых систем. Окончательного решения получить пока не удалось, но некоторые новые выводы в ходе исследования были сформулированы, в том числе и более мотивированное определение термина – «эволюция». Об этом речь пойдет ниже.

Поскольку я всю жизнь имел дело с экосистемами, то сразу обнаружил, что проблема эволюции, досконально изученная на уровне клетки, многоклеточных организмов, видов и популяций (Базулок, 2015; Вернадский, 1928; Колчинский, 1990; Левченко, 2004; Пучковский, 2013; Субетто, 2012; Урсул А.Д., Урсул Т.А., 2007; Шварц, 1973, 1980; Шмальгаузен, 1968; Яблоков, Юсуфов, 2006; Яблоков, 2014; Krasilov, 2014; Wilson, 2016), рассматривается на уровне экосистем и биосферы с тех же самых позиций. Поэтому специалистами классической биологии не удается уложить эволюцию экосистем в

привычные атрибуты эволюции популяционно-видового уровня. Известные на популяционно-видовом уровне атрибуты эволюции (событие, материал, механизм эволюции) не нашли аналогов на уровне экосистем.

Дело в том, что экосистема - это межвидовая кооперативная ассоциация специализированных биоценозов (продуцентов, консументов и редуцентов), где действуют совсем иные законы, которые ближе к социальным, чем к биологическим законам. Классическая биология эти законы не изучает и даже не планирует их изучать в будущем. Экосистема – объект исследования другой науки, даже другой области естествознания - экологии с ее специфической методологией, терминологией, экспериментальной базой. Экология включает знания не только биологических наук, в ее арсенале используются знания геологии, геохимии, геофизики, географии, почвоведения, метеорологии. Экология уже пытается применить для решения своих задач знания технических наук, экономики, даже социологии (Суховольский, 2004; Керженцев, 2006; Урсул А.Д., Урсул Т.А., 2007).

Однако современная экология – пока формируется как фундаментальная наука, изучающая природные и аграрные экосистемы, их структуру и функцию, законы их изменчивости в пространстве и во времени под влиянием естественных и антропогенных факторов. Законы изменчивости экосистем в пространстве изучает Ландшафтная экология, законы изменчивости во времени – Функциональная экология, а реализует на практике теоретические наработки этих двух наук Инженерная экология (Керженцев 2006, 2012). Современная экология становится разделом «Естествознания», способным изучать и формулировать законы, управляющие жизнедеятельностью экосистем, биомов, биосферы.

Оригинальную точку зрения на проблему регулирования метаболизма биосферы по принципу «свободного рынка» высказали академики Г.И.Марчук и К.Я.Кондратьев (1992, с. 41): «Каким же образом функционирует естественная биота и как достигается высокая точность контроля за изменением величин синтеза и разложения органических веществ в биосфере? Основной принцип, определяющий функционирование жизни на любых уровнях – это конкурентное взаимодействие автономных, нескоррелированных между собой особей. Это тот же принцип, который лежит в основе свободного рынка. Хорошо известно, что точность, с которой происходит фиксация цен на свободном рынке, очень высока. Никакие расчеты на основе математических моделей и современной компьютерной техники не могут достигнуть этой точности и заменить собой рынок. Отказ от свободного рынка приводит к потере точности и росту непроизводительных расходов. Рынок не придуман человеком. Он может существовать потому, что в основе его лежат действия живых людей – членов человеческой популяции». А биосфера – экосистема глобального масштаба.

Совсем недавно в издательстве «Династия» вышла замечательная книга «Лестница жизни. Десять величайших изобретений эволюции». (Лейн, 2014). В ней биохимик Ник Лейн очень подробно описывает выбранные им десять природных феноменов, которые он назвал «изобретениями» эволюции, и детально исследует этапы совершенствования каждого из выбранных им феноменов, которые удивили его своей уникальностью и как бы божественным происхождением: Происхождение жизни, ДНК, Фотосинтез, Сложная клетка, Секс, Движение, Зрение, Теплокровность, Сознание, Смерть. Доверительным тоном рассказчика с постоянными ссылками на первоисточники автор раскрывает перед читателем секреты природной лаборатории, постоянно «изобретающей» сложные приспособления для надежного обеспечения жизни клеток и многоклеточных организмов в суровых условиях среды обитания. Из этих красочных описаний становятся понятными механизмы и законы эволюции жизни как необратимого поступательного процесса совершенствования структуры живых клеток и организмов, который повышает эффективность их функционирования в конкретном диапазоне условий среды.

Такой подход «от факта» нам показался интересным, и мы попытались применить его к изучению эволюции на уровне экосистем. Из множества результатов эволюции выбрали тоже 10 «изобретений», которые позволили экосистемам адаптироваться к разным диапазонам условий среды и преодолеть различные стрессы без особых жизненных потерь. Это значительно упростило понимание механизма эволюции на уровне экосистем.

Ниже перечислены десять выбранных нами «изобретений» эволюции экосистем. Перечень не претендует на полноту и объективность. Он отражает субъективный взгляд автора на эволюцию экосистем как автономных природных объектов. Выбранные «изобретения» могли осуществиться только на уровне экосистемы, на популяционно-видовом уровне их «изобретение» было бы невозможно:

1. Экосистемы – симбиотические ассоциации специализированной по типу питания биоты (продуценты, консументы, редуценты), функционирующие автономно за счет обмена симбионтов отходами жизнедеятельности.

2. Создание благоприятного микроклимата, сдерживающего резкие колебания внешних условий и их негативное воздействие на биоту экосистемы.

3. Положительный дисбаланс общей массы экосистемы (экомассы) в процессе периодических колебаний климатических условий в сторону потепления и похолодания в суточном, годовом и многолетнем циклах.

4. Изменения структуры экосистемы в ответ на внешние воздействия ради сохранения функции, в отличие от организма, который в ответ на внешние воздействия меняет режим функционирования, сохраняя структуру.

5. Гумификация и кристаллизация как защита биоты экосистемы от потенциальной токсичности свободных химических элементов освобожденных педоценозом из отмершей биомассы, но пока не усвоенных фитоценозом. Гумификация временно консервирует элементы минерального питания (ЭМП) до их востребования фитоценозом, а биокристаллизация необратимо выводит отходы метаболизма экосистемы в геологический круговорот.

6. Перманентная адаптация экосистем к регулярным изменениям факторов среды в суточном, годовом и многолетнем циклах как способ сохранения жизненных функций экосистемы при отклонениях климата от оптимального диапазона.

7. Восстановительная сукцессия – жизненный цикл экосистемы, когда климаксовая экосистема изживает сама себя на данной территории, а потом смена нескольких поколений вторичных экосистем восстанавливает истощенный эдификатором экотоп и возвращает климаксовую экосистему на прежнее место.

8. Инвазии энтомовредителей – инициаторов обновления экосистемы путем массовой гибели и последующей восстановительной сукцессии, возникают по мере накопления максимальной площади стареющих разновозрастных древостоев в сочетании с климатическими стрессами (засуха).

9. Рудеральная растительность – спаситель запасов элементов минерального питания (ЭМП) растений от неминуемых потерь при экологических катастрофах (пожары, инвазии, распашка, вырубка).

10. Эдификаторы – главные потребители минеральных ресурсов экосистемы, которые по мере достижения зрелого возраста истощают запасы ЭМП в почве и вызывают сукцессию. Остальные виды довольствуются тем, что осталось от эдификатора и по мере истощения экотопа выпадают из состава фитоценоза.

Рассмотрим каждый феномен по отдельности.

Экосистемы – уникальные природные объекты, возникшие в результате кооперации или группового симбиоза продуцентов, консументов и редуцентов на базе общего цикла метаболизма путем обмена симбионтов отходами собственной жизнедеятельности. Цикл метаболизма освободил участников от энергетических затрат на поиск и добывание пищевых ресурсов, каждый из них получает ресурсы от партнеров в форме отходов в обмен на свои

собственные отходы. В результате кооперации сформировалось рентабельное и безотходное производство биомассы. Степень замкнутости цикла метаболизма современных экосистем достигла 90-99% их общей массы (экомассы), а общие потери в геологический круговорот составляют 1-10% (Горшков, 1995; Марчук, Кондратьев, 1992). Потери компенсируются за счет атмосферных (в том числе метеоритных) выпадений и продуктов выветривания горных пород.

К великому сожалению экосистема как гениальный феномен природы пока не стала объектом изучения ни одной науки. Все известные модели экосистем беспочвенные, вместо активного педоценоза в них фигурируют абстрактные эдафические условия. Экосистему как уникальный природный объект должна изучать экология, но ее уже превратили в какой-то конгломерат воззрений, связанных с охраной окружающей среды. Н.Ф.Реймерс (1994) насчитал 60 экологий в отечественной научной литературе. Создалась ситуация, когда раздаются голоса, что экологии как науки не существует. Выход из этого тупиковой ситуации довольно простой – признать экологию фундаментальной наукой, изучающей экосистемы, их структуру и функцию, законы их изменчивости в пространстве и во времени под влиянием естественных и антропогенных факторов. Законы изменчивости экосистем в пространстве изучает Ландшафтная экология, законы изменчивости во времени – Функциональная экология, а реализует научные результаты этих наук Инженерная экология. Наука Экология расставит все по своим местам и позволит применить полученные знания для разумного управления механизмом функционирования экосистем с пользой для человека и без ущерба природе.

2. Создание благоприятного микроклимата, сдерживающего резкие колебания внешних условий и их негативное воздействие на биоту экосистемы. Растительный и почвенный покров, образованный в результате формирования симбиотической структуры экосистемы, оказывает значительное влияние на трансформацию климатических условий при их контакте с экосистемой. Под влиянием растительного и почвенного покрова значительно сужается амплитуда колебаний температуры и влажности внутри экосистемы по сравнению с открытым пространством, повышается концентрация CO₂ на поверхности почвы и в нижней части растительного полого, что компенсирует дефицит света и стимулирует активность фотосинтеза в нижних ярусах. Улучшенный микроклимат экосистемы привлекает виды, обитающие в других, более благоприятных условиях среды, увеличивая тем самым биоразнообразие данной экосистемы, которое повышает степень замкнутости цикла метаболизма и уменьшает потери минеральных элементов из экосистемы. По наблюдениям В.Г.Суховольского (2004) «чем гуще древостой, тем сильнее

кооперативный эффект ослабления воздействия ветра. На расстоянии 30–40 м от опушки сосняка скорость ветра уменьшается в 2 раза; уровень же воздействия ветра на деревья, находящиеся в глубине древостоя (200–300 м от опушки), уменьшается в 30–50 раз. Кооперативный эффект проявляется и в удержании влаги в лесу. Так, еловый лес задерживает 30% осадков, а сосновый – до 15%. Количество выпавших осадков над лесом больше, чем на открытом месте и почва промерзает на меньшую глубину».

3. Увеличение экомассы в процессе периодических колебаний климатических условий. Величина экомассы (суммы живой и отмершей биомассы экосистемы) находится в динамическом равновесии с конкретным диапазоном климатических условий. В каждом диапазоне существует свой максимум экомассы, который меняется в результате многолетних колебаний климатических условий. Когда условия меняются в сторону улучшения, экосистема реагирует на них непосредственно. Она переключается на экстремальный ускоренный режим функционирования, увеличивая продуктивность, биоразнообразие, экомассу в соответствии со степенью отклонения факторов среды от средних многолетних значений. Изменение условий среды в сторону ухудшения переводит экосистему с оптимального режима функционирования на пессимальный, замедленный. В этом случае экосистема включает буферные механизмы, которые сдерживают ее реакцию на изменения факторов среды. В итоге, после каждого завершения колебательного цикла факторов среды экомасса увеличивается. Это в разной степени отражается на увеличении экомассы разных экосистем, но ведет к постепенному увеличению массы биосферы.

4. Изменение структуры экосистемы.

В отличие от организма, который в ответ на внешние воздействия изменяет режим функционирования (частота дыхания, сердцебиения), экосистема изменяет структуру (видовой состав). Смена видového состава фитоценоза для экосистемы не катастрофа, а обычная адаптивная реакция на изменения факторов среды. При отклонении факторов среды от оптимальных среднегодовых значений экосистема меняет оптимальный режим функционирования на пессимальный или экстремальный. Обе крайности негативно отражаются на состоянии популяции: в пессимальном режиме организмы не успевают вовремя пройти все стадии онтогенеза и выпадают из состава экосистемы; в экстремальном режиме организмы быстро истощают ресурсы экотопа и также выпадают из состава экосистемы. Их место занимают виды, для которых новые условия благоприятны. В итоге изменившийся видовой состав экосистемы, обеспечивает оптимальный режим ее функционирования уже в новых условиях, когда все входящие в ее состав организмы

проходят все стадии онтогенеза и дают здоровое потомство. Эта способность экосистем позволяет им существовать долгое время в самом широком диапазоне условий среды.

5. Гумификация и кристаллизация как защита биоты экосистемы от потенциальной токсичности свободных химических элементов освобожденных педоценозом из отмершей биомассы, но не усвоенных фитоценозом.

Процесс гумификации отмершей биомассы консервирует запас элементов минерального питания (ЭМП), которые высвободились при минерализации некромассы, но по разным причинам не были усвоены фитоценозом. Они могут быть вымыты из почвы водными потоками и утрачены экосистемой, а при накоплении могут оказать токсическое воздействие на биоту. Однако свободные элементы взаимодействуют с органическими радикалами разлагающейся некромассы, образуя сложные органо-минеральные соединения с общим названием почвенный гумус. Разные фракции гумуса сохраняют разные наборы ЭМП до востребования их фитоценозом. Растения, испытывающие дефицит ЭМП, впрыскивают в прикорневую зону почвы свои корневые выделения, провоцирующие вспышку численности почвенной микрофлоры, которая быстро уничтожает «приманку» и переключается на минерализацию фракций гумуса, содержащих нужные фитоценозу ЭМП, компенсируя возникший дефицит минерального питания. Гумус выполняет в экосистеме одновременно три функции: накопителя, хранителя и дозатора пищевых ресурсов фитоценоза. Кроме того, связывание свободных минеральных элементов в органо-минеральные соединения, блокирует их потенциальную токсичность. Минерализация фракций гумуса высвобождает минеральные элементы, часть которых усваивает фитоценоз, а неусвоенные элементы, способные оказать токсическое воздействие на биоту, подвергаются биокристаллизации и превращаются в устойчивые нейтральные соединения: глинистые кутаны, железо-марганцевые и карбонатные конкреции, вторичные и первичные минералы. Эти абсолютные отходы метаболизма экосистем накапливаются в геологическом масштабе времени, образуя слои осадочных пород. Каждая экосистема откладывает слои своего характерного состава: таежные экосистемы откладывают покровные суглинки, степные – лессы, тропические – латериты. Этим объясняется зональность «почвообразующих» пород, сущность которой детально описал и сформулировал Б.Л.Личков (1945) при поддержке В.И.Вернадского.

6. Перманентная адаптация экосистем к регулярным изменениям факторов среды.

Факторы среды (свет, тепло, влага) регулярно меняются в суточном, годовом и многолетнем циклах. Каждый организм реагирует на эти изменения путем изменения режима функционирования. Экосистема реагирует путем изменения структуры. Она всегда стремится к динамическому равновесию с факторами среды, но никогда его не достигает,

поскольку факторы изменяются гораздо быстрее, чем экосистема успевает к ним адаптироваться. Этот догоняющий режим перманентной адаптации характерен для всех типов экосистем, но с разным временем запаздывания. В процессе адаптации экосистема оперативно изменяет структуру (видовой состав) вслед за изменением факторов среды путем переключения с оптимального режима функционирования на пессимальный или экстремальный. В обоих случаях виды, лишённые оптимального режима, оказываются в состоянии стресса, снижают численность, продуктивность или выпадают из экосистемы. Происходит метаморфоз экосистемы, который меняет ее облик (видовой состав) и приобретает диагностические признаки другой экосистемы. В зависимости от интенсивности изменения факторов среды экосистемы подвергаются флуктуациям, метаморфозам или эволюции. Флуктуации – обратимые количественные изменения, метаморфозы – обратимые качественные изменения, связанные с переходом в другой таксон классификации. Эволюции – необратимые изменения, в результате которых образуется новый таксон. Эволюционные изменения проявились при расширении жизненного ареала первого биота тропических гилей с последующим формированием субгилей, широколиственных, хвойных лесов, степей, пустынь по градиенту дискомфорта факторов среды путем «изобретения» новых видов и кооперативных конструкций, способных существовать в менее комфортных условиях. Освоение менее благоприятных условий под давлением экспансии требует дополнительных энергетических затрат, которые снижают продуктивность и биоразнообразие последующих типов экосистем.

7. Восстановительная сукцессия – последовательная смена фитоценозов, представляющих собой разные стадии развития климаксовой экосистемы, которая начинается после ее гибели в результате катастрофы или постепенного истощения минеральных ресурсов экотопа. Популяция эдификаторов климаксовой экосистемы как мощный потребитель ЭМП по достижении спелости перекачивает их из почвы в биомассу (фитомассу, зоомассу, плоды, семена), истощая собственный экотоп. Популяция изживает сама себя на данном месте. Сначала из состава дендроценоза исчезают виды, более чувствительные к дефициту ЭМП (подрост, травяной и кустарниковый ярусы). Потом выпадают вторичные древесные породы второго и третьего ярусов. Наконец образуется древостой мертвопокровник, который вследствие преклонного возраста и дефицита ЭМП теряет иммунитет, подвергается нападению болезней, вредителей, пожаров и погибает. После массовой гибели лесного покрова на значительной площади начинается восстановительная сукцессия. Через определенное время после смены нескольких стадий, представленных разными типами фитоценозов, экотоп восстанавливается до состояния,

благоприятного для стадии климакса. Устойчивый лесной покров имеет мозаичную структуру (GAP-парадигма). В мозаике лесного полога климаксовая стадия присутствует всегда, но в разных местах ареала. Она появляется там, где заканчивается восстановительная сукцессия. Таким способом экосистема решает проблему создаваемого ею самой дефицита ЭМП, перемещая климаксовую стадию с одного места ареала на другое как животное по пастбищу. В лесном пологе происходит постоянное мерцание мозаики, которую можно заметить с помощью ретроспективного анализа карт или математического моделирования (Керженцев, Трапеев, 2011). Восстановительная сукцессия напоминает региональный севооборот, который можно принять в качестве основы рационального природопользования.

8. Инвазии энтомовредителей (сибирский шелкопряд, короед, саранча и др.).

Инвазии энтомовредителей (саранча, сибирский шелкопряд и др.) способствуют ускорению массовой гибели постаревшего дендроценоза, истощившего свой экотоп. Когда на значительной территории создается скопление стареющего древостоя мертвопокровника, который истощает собственный экотоп и теряет иммунитет, это в сочетании с засухой становится своеобразным сигналом для вспышки численности энтомовредителей, которые в течение короткого времени уничтожают фотосинтезирующий аппарат древостоя и вызывают его массовую гибель на значительных площадях. В 1955-57 гг. в Обь-Енисейском междуречье гусеницы сибирского шелкопряда уничтожили могучие хвойные леса на площади 5,5 млн.га. После уничтожения хвои деревья умирают, а через 1-2 года превращаются в беспорядочно сваленный склад сухих дров, которые подвергаются опустошительным пожарам. В результате полного выгорания мертвой древесины на больших площадях начинается дружная восстановительная сукцессия, которая через определенное время восстанавливает экотоп на всей пораженной территории до исходного состояния. В степных экосистемах происходит постепенное накопление ветоши, которая препятствует прорастанию семян. Это становится сигналом для массового размножения саранчи, которая уничтожает остатки живых растений и способствует дружному началу восстановительной сукцессии на значительных территориях, расширенных степными пожарами. Дополнительным стимулом массового размножения энтомовредителей является засуха.

9. Рудеральная растительность – спаситель запасов элементов минерального питания (ЭМП) растений в экосистемах при экологических катастрофах (пожары, инвазии, распашка, вырубка).

Проблема сорной растительности давно занимает серьезное место в системе аграрных технологий. Сорные растения испокон веков считаются злостными конкурентами

культурных растений за элементы минерального питания (ЭМП). Они отнимают у культурных растений пищевые ресурсы и тем самым снижают урожайность полевых культур. Аграрии возмущаются, зачем мудрая природа выпустила в свет целую орду захватчиков, которые мешают развитию полезных человеку растений. При внимательном рассмотрении оказывается, что не природа виновата в распространении сорных видов, а человек и его архаичные аграрные технологии.

В естественных экосистемах рудеральные растения выполняют очень важную экологическую функцию сохранения накопленных экосистемой запасов ЭМП в нештатных ситуациях, когда им угрожает вынос из экосистемы, например при пожарах и инвазиях. В результате лесных или степных пожаров огромная биомасса превращается в золу, которая выдувается ветрами, растворяется в воде и выносится за пределы экосистемы водными потоками. Изобилие минеральных элементов и отсутствие конкуренции служит сигналом для массового размножения рудеральных растений из спящих семян. Эти растения отличает уникальная способность увеличивать фитомассу в десятки и даже в сотни раз при избытке ЭМП. Всем знакомы заросли крапивы, лебеды высотой 2-3 метра, борщевика ростом с березу. Эти своеобразные геохимические насосы превращают оказавшиеся беззащитными ЭМП в биомассу, которая после их отмирания пополняет запас почвенного гумуса, снижая неминуемые потери.

Распашка провоцирует активность почвенной микрофлоры, которая минерализует гумус, высвобождая ЭМП, необходимые растениям. Однако монокультурные посевы способны усвоить не более 20% ЭМП, выделенных почвой. Остальные 80% обречены на вынос из экосистемы. Рудеральные растения, разбуженные из спячки изобилием ЭМП, пытаются выполнить свою экологическую миссию их сбережения от неминуемых потерь, но мощь аграрной технологии их уничтожает. Культиваторы и дисковые бороны рыхлят почву и снова провоцируют активность микрофлоры и выделение ЭМП, для спасения которых мудрая природа «изобрела» рудеральные растения. Аграрные технологии сначала провоцируют развитие сорной растительности, а потом тратят огромные усилия на борьбу с ними методами, которые стимулируют их развитие. Уже накоплен успешный опыт альтернативных технологий: беспашотного земледелия и полидоминантных посевов. Первые высвобождают минимум ЭМП, необходимый для прорастания семян, а вторые способны усвоить весь набор ЭМП, выделенных почвой. Их внедрению мешает инерция аграрных традиций.

10. Эдификаторы – главные потребители минеральных ресурсов.

Эдификаторы (от лат. aedificator – строитель) – преобладающие в фитоценозах виды растений с сильно выраженной средообразующей способностью, которые определяют основные свойства фитоценозов. Естественные фитоценозы принято отличать друг от друга по преобладанию характерных видов растений, олицетворяющих данный фитоценоз. Такие виды принято называть эдификаторами фитоценоза. В лесных экосистемах их называют лесообразующими породами (дуб, ель), а в степных доминантами или детерминантами (ковыль, типчак). Наличие этих растений говорит о том, что данная экосистема достигла динамического равновесия с местными условиями среды. Вокруг эдификаторов группируются сопутствующие им виды растений и животных, под ними формируется определенный тип почвы, способный обеспечить данный фитоценоз необходимым набором элементов минерального питания (ЭМП). Большая фитомасса и долгая жизнь эдификаторов по сравнению с другими видами растений фитоценоза по мере старения древостоя истощает запас ЭМП в почве. Сначала эдификаторы вытесняют сопутствующие виды, а потом истощают собственный экотоп, теряют иммунитет и погибают. После их гибели начинается цикл восстановительной сукцессии, который обновляет экотоп и готовит его для произрастания нового поколения эдификаторов. Поскольку одновозрастные древостои образуют ограниченные массивы, лесной полог ареала имеет мозаичное строение (GAP-парадигма), где пятна мозаики представляют собой разные стадии сукцессии, но все они завершаются стадией климакса, только в разное время. Поэтому эдификаторы как бы кочуют по ареалу в поисках пригодного экотопа, как животные по пастбищу в поисках лучшего корма.

Заключение. На уровне биосферы можно выделить другие «изобретения» эволюции, например, гомеостаз, для которого придется описать механизм саморегуляции и изменения под влиянием колебаний климата и антропогенных воздействий. Наверняка найдутся другие «изобретения» эволюции и на уровне экосистем. Их надо отслеживать и попытаться объяснить примерно так, как Ник Лейн (2014) описал десять величайших изобретений эволюции на популяционно-видовом уровне. Сначала он констатировал сам факт «изобретения» и этапы его изменений во времени. Потом он пытался на основе современных научных знаний объяснить появление и развитие этого природного феномена. Каждый специалист может предложить свою интерпретацию происхождения этих феноменов, может найти другие феномены и по-своему объяснить их эволюцию. Это очень увлекательный путь познания эволюционных изменений природы. Его полезно использовать для изучения эволюции экосистем, биомов и биосферы.

Такой подход (от факта) освобождает от наукообразных рассуждений, которыми изобилует полемика вокруг эволюции экосистем и биосферы. Надо брать известные факты и объяснять их происхождение на основе имеющихся знаний. Там, где современных знаний недостаточно, необходимо формулировать научные гипотезы, которые можно в последствии экспериментально подтвердить или опровергнуть. Гипотеза – это смелый мысленный прыжок в неизвестность, который значительно ускоряет развитие науки, но требует строгой экспериментальной проверки.

Насильно загонять проблемы эволюции биосферы и экосистем в прокрустово ложе классической биологии бесполезно. Каждый уровень организации жизни надо рассматривать в своем масштабе пространства и времени. Конечно, не все специалисты могут признать перечисленные выше явления в качестве «изобретений» эволюции на уровне экосистем. Поэтому остро необходима фундаментальная наука об экосистемах, которая сумеет расставить все по своим местам.

А пока можно попытаться на основе субъективно выбранного перечня «изобретений» эволюции на уровне экосистем составить логичную картину их эволюции, предварительно ответив на ряд принципиально важных вопросов:

а) что ограничивает экспансию жизни и что побуждает биоту к кооперативному объединению в автономную экосистему;

б) в какой степени данное изобретение повысило жизнеспособность конкретных экосистем;

в) каким образом будет развиваться дальше данное изобретение и к чему может привести его развитие в будущем.

Ответы на эти вопросы могут послужить серьезным основанием для формулирования основных положений теории эволюции на уровне экосистем.

Итак, **главный вопрос**: Что ограничивает экспансию жизни, которую В.И.Вернадский сравнил с давлением водяного пара? Что побудило биоту к кооперативному объединению неродственных узко специализированных биоценозов в автономную экосистему?

Экспансию жизни, по мнению В.И.Вернадского (1928), ограничивают два фактора: 1) конечный запас минеральных элементов, способных участвовать в метаболизме живых систем; 2) узкий диапазон факторов среды, в котором возможны биохимические реакции и физиологические процессы.

Главным стимулом кооперации стало стремление биоты снизить энергетические затраты на поиск и добывание пищевых ресурсов. Кооперация биоты в общий цикл

метаболизма экосистемы превратила ограниченный запас биофильных элементов в постоянно обновляемый, а потому бесконечный ресурс. Каждый участник кооператива получает ресурсы в форме отходов партнера в обмен на свои собственные отходы. В цикле метаболизма однажды добытые минеральные элементы многократно используются экосистемой с минимальными потерями в геологический круговорот. Преимущество на включение в состав экосистемы имеют виды, способные присоединиться к последнему звену трофической цепочки, где имеются еще не использованные ресурсы в форме отходов. Такие виды снижают общие потери и повышают степень замкнутости цикла метаболизма экосистемы (П.А.Кропоткин, А.С.Фаминцын, Р.В.Ризположенский, А.Г.Лапенис).

По словам В.И.Вернадского: «Постоянство запаса веществ, которые могут быть использованы в процессах жизнедеятельности, а также постоянство потока солнечной энергии, по-видимому, однозначно определяет интегральные рамки жизненных процессов. Эволюция живых форм определяется борьбой между различными индивидуумами и их сообществами разных уровней за возможность использования определенной доли этих благ». (Вернадский, 1928, с. 231).

Второй вопрос: каким образом кооперация разнородных биоценозов повысила жизнеспособность конкретных экосистем?

Миллиарды свободных организмов с их индивидуальными потребностями благодаря кооперации сформировали в конкретном диапазоне факторов среды строго согласованную систему производства биомассы с максимальной эффективностью и минимальным количеством общих отходов – автономную экосистему (Горшков, 1995; арчук, Кондратьев, 1992). На случай экстремальных изменений факторов среды в экосистеме отработан механизм сохранения функции путем перестройки структуры со сменой видового состава. Метаморфоз структуры позволяет экосистеме функционировать в оптимальном режиме при меняющихся условиях среды. Она не ломается, не погибает, а плавно переходит в другое качественное состояние, адаптированное к новым изменившимся условиям среды (Керженцев, 2006, 2012). Меняя структуру, экосистема сохраняет функцию.

Вопрос третий: как будет развиваться данное изобретение и к чему это может привести в будущем?

Современные экосистемы создали цикл метаболизма с высокой степенью замкнутости, которая достигла 90-99% общей экомассы и продолжает увеличиваться, (Горшков, 1995; Марчук, Кондратьев, 1992). Это сравнимо с динамикой спортивных рекордов, которые ограничены физиологическими возможностями организма человека. На ранних этапах эволюции степень замкнутости круговорота возрастала на десятки процентов,

потом на единицы, на десятые и наконец на сотые доли процента. Чем выше замкнутость, тем рентабельнее производство биомассы. Это позволило экспансии жизни расширить свой ареал за счет освоения ранее безжизненных пространств с условиями анабиоза. От первого биома гилей начался процесс заселения земной поверхности по градиенту неблагоприятности климатических условий с потерей продуктивности и видового разнообразия. Этот процесс завершился формированием биомов арктических и аридных пустынь. Но расселение продолжается отдельными видами экстремалами. Плавный рост замкнутости цикла метаболизма экосистем прерывают экстремальные смены глобального климата (оледенения и аридизации). Запредельные значения гидротермических условий нарушают механизм адаптации, вызывают массовые вымирания видов, адаптированных к условиям климатического оптимума. После завершения экстремальных климатических периодов снова наступают периоды климатического оптимума, и эволюция восстанавливает утраченное биоразнообразие.

Выводы

Для начала сравним два варианта определения термина ЭВОЛЮЦИЯ.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ эволюция - необратимое и, в известной степени, направленное историческое развитие живой природы, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, образованием и вымиранием видов, преобразованиями биогеоценозов и биосферы в целом. (Яблоков, Юсуфов, 2006).

Это набор эмпирических наблюдений. Он не объясняет мотиваций, стимулов, механизмов формирования адаптаций, изменения генетического состава популяций, образования и вымирания видов, преобразования биогеоценозов и биосферы в целом, даже очевидная направленность исторического развития живой природы поставлена под сомнение («в известной степени!»).

Изучение 10 очевидных «изобретений» эволюции на уровне экосистем позволило сформулировать более мотивированное определение эволюции:

Эволюция – непрерывный и необратимый процесс совершенствования структуры живых систем (клеток, многоклеточных организмов, экосистем, биосферы), повышающий эффективность их функционирования путем «изобретения» новых видов и кооперативных конструкций, адаптированных к конкретному диапазону факторов среды, отбирающему из них наиболее жизнеспособных. (Керженцев А.С. Особенности современной эволюции биосферы. с.229-237. экология, политика и гражданское общество. Сб. статей. М.: РОДП

«ЯБЛОКО», 2014. 368 с., Керженцев А.С. Лекции по функциональной экологии. LAMBERT Academic Publishing, 2014. 186 с.).

Стимулом эволюции экосистем является экспансия жизни, которую В.И.Вернадский сравнил с давлением водяного пара. Сдерживают экспансию всего два фактора: 1) ограниченный запас биофильных элементов; 2) узкий диапазон условий среды, пригодных для жизнедеятельности. Жизнь возникла в самых благоприятных условиях среды, которые сложились в экваториальном поясе Земли. Живые системы под давлением экспансии стали расширять свой жизненный ареал путем освоения территорий с менее благоприятными условиями, «изобретая» на каждом этапе освоения новые жизненные формы и способы межвидовой кооперации. Эти «изобретения» поддерживали высокую рентабельность производства биомассы в менее благоприятных условиях с некоторой потерей продуктивности и видового разнообразия. После переполнения ареала гилей, сформировались экосистемы субтропиков, потом, в результате переполнения их ареала, сформировались по градиенту дискомфорта условий биомы широколиственных, жестколиственных, хвойных лесов, степей, саванн, прерий, памп, тундр, арктических и аридных пустынь. На этом этапе освоения крайних условий на границе анабиоза завершилось формирование биосферы как экосистемы глобального масштаба, способной к саморегуляции.

Глава 2. Метаболизм биосферы и его способность саморегуляции.

2.1. Метаболизм живых систем.

Метаболизм давно известен в биологии как универсальный механизм биологического круговорота веществ, как способ функционирования живых систем: клеток и многоклеточных организмов. Мы попытались перенести его на уровень экосистем и биосферы, поскольку для всех уровней организации живых систем принцип действия жизненного цикла одинаков, различия между ними исключительно количественные. Метаболизм гармонично сочетает процессы синтеза и распада органического вещества, поэтому для биологов было достаточно выделить в его составе две функции: анаболизм и катаболизм. Анаболизм – процесс ассимиляции простых веществ в сложные, а катаболизм – обратный процесс диссимиляции сложных веществ в простые. На уровне экосистем и биосферы пришлось выделить еще одну важную функцию, которую мы сначала назвали «некроболизм», но потом по совету А.В.Яблокова переименовали в более благозвучное «ренатуризм» - возрождение. Жизнь каждого организма делится на две фазы: вегетативную и генеративную. В вегетативной фазе ресурсы расходуются на рост и развитие организма, а по завершении роста ресурсы направляются на создание репродуктивных органов (цветы, плоды, семена, пыльца, споры, зародыши), то есть на воспроизводство потомства. Только после завершения репродуктивной функции организм завершает жизненный цикл и отмирает. Результатом функции ренатуризма являются репродуктивная масса, которая превратится в живую биомассу следующего поколения, и мортмасса, которая поступает в распоряжение педоценоза, осуществляющего функцию катаболизма. Сапротрофная и гетеротрофная биота педоценоза питается мортмассой и высвобождает в качестве отходов минеральные элементы, необходимые фитоценозу для осуществления функции анаболизма – синтеза новой биомассы.

Метаболизм экосистем образно можно назвать трехтактным двигателем внутреннего сгорания, который перерабатывает энергию, полученную от солнца, путем преобразования синтезированного с ее помощью органического вещества. Три такта двигателя – это три функции метаболизма: анаболизм, ренатуризм и катаболизм (рис.2).

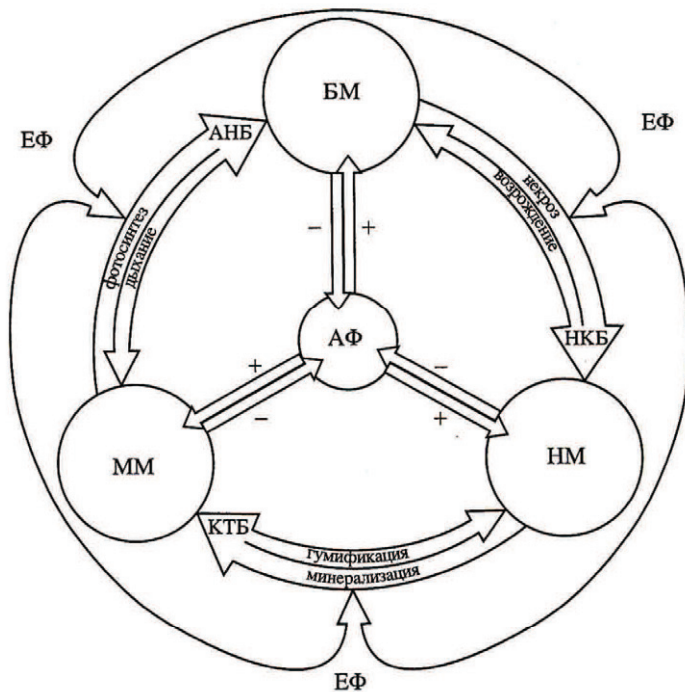


Рис. 2. Метаболизм экосистемы.

Условные обозначения. Структурные элементы: ЭМ – экомасса; БМ – биомасса; НМ – некромасса; ММ – минеральная масса;

Процессы функционирования: АНБ – анаболизм; НКБ – некроболизм; КТБ – катаболизм;

Элементарные процессы: фот – фотосинтез; дых – дыхание; нек – некроз; воз – возрождение жизни; мин – минерализация; гум – гумификация;

Факторы внешней среды: ЕФ – естественные факторы; АФ – антропогенные факторы

Анаболизм с помощью солнечной энергии преобразует массу минеральных элементов в живую биомассу. Сначала автотрофы с помощью фотосинтеза (и хемосинтеза) создают фитомассу, а потом на ее основе гетеротрофы формируют зоомассу. Ренатуризм (возрождение) преобразует живую биомассу в массу репродуктивных органов (плоды, семена, споры, зародыши) и в мортмассу – отмершую биомассу. Репродуктивные органы в следующем поколении превращаются в новую биомассу (фитомассу и зоомассу) и продолжают функцию анаболизма, а мортмасса поступает в распоряжение педоценоза, где сапротрофная биота выполняет функцию катаболизма. Катаболизм преобразует мортмассу в массу минеральных элементов и гумуса. Часть минеральных элементов усваивает фитоценоз,

а неусвоенные и потенциально токсичные элементы подвергаются гумификации и хранятся в безопасном для биоты состоянии до востребования фитоценозом. Минерализация гумуса также высвобождает минеральные элементы, часть которых усваивает фитоценоз, а неусвоенные элементы подвергаются биокристаллизации и в безопасном для биоты состоянии откладываются в литосфере, образуя со временем слои осадочных пород. Скорость и емкость метаболизма зависят от сочетания гидротермических условий. Поэтому каждый тип зональных экосистем характеризуется не только собственной величиной продуктивности и видового разнообразия, но и составом седиментов осадочных пород, которые подчиняются закону географической зональности.

Результативность функций всех экосистем в глобальном масштабе образует цикл метаболизма биосферы. Согласованность функций множества экосистем формирует гомеостаз биосферы, величина которого равна сумме живой и отмершей биомассы всех экосистем; она строго согласована с состоянием глобального климата. При отклонении глобального климата от климатического оптимума в сторону похолодания или потепления происходит адаптация экосистем биосферы к новым изменившимся условиям путем перестройки их структуры и видового состава.

По совету А.В.Яблокова мы изобразили метаболизм биосферы в виде аллегорической схемы сообщающихся сосудов: биомассы, мортмассы и минеральной массы. Сосуды соединяются между собой двойными трубопроводами: анаболизм состоит из биосинтеза и экскреций, ренатуризм из возрождения и отмирания, катаболизм из минерализации и гумификации. Состояние гомеостаза отражено в одинаковом уровне содержания вещества во всех трех сосудах (рис.3. Биосфера).

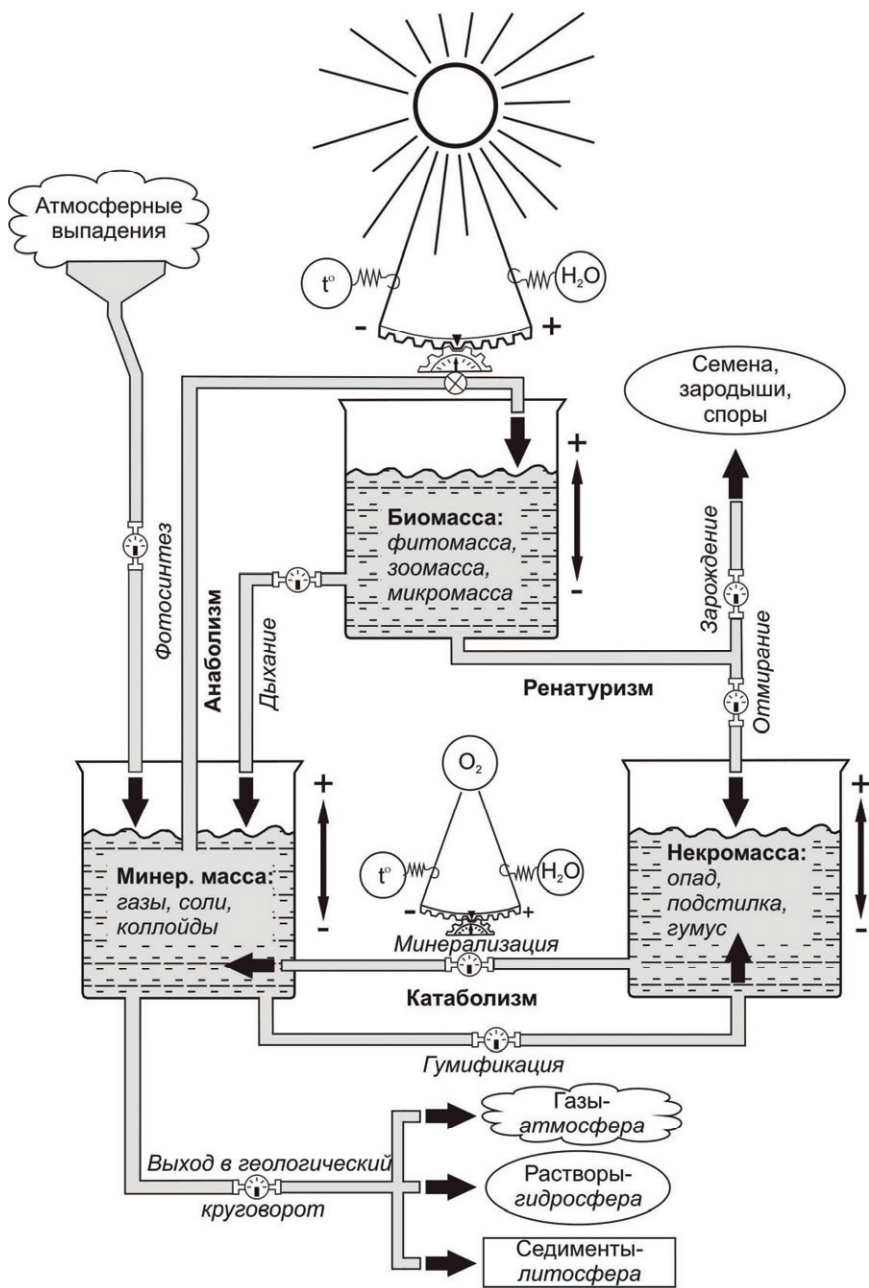


Рис. 3. Аллегорическая схема «Биосфера».

Человек с помощью разума и созданной на его основе техники и технологий, превратился в геологическую силу и на правах сильного отобрал часть ресурсов, предназначенных другим видам. Затем он добыл и освоил ресурсы, недоступные другим видам, и создал на их основе новый класс вещества – третичную антропогенную продукцию, включающую искусственные вещества и материалы, машины и механизмы, здания и сооружения, отходы производства и потребления, бытовые отходы. Возросшая численность популяции человека с ее потребностями и отходами достигла предела возможностей биосферы и привела к глобальному экологическому кризису. По существу, человек превратил биосферу в антропосферу с нарушенным гомеостазом и ослабленной способностью к саморегуляции (рис.4. Антропосфера).

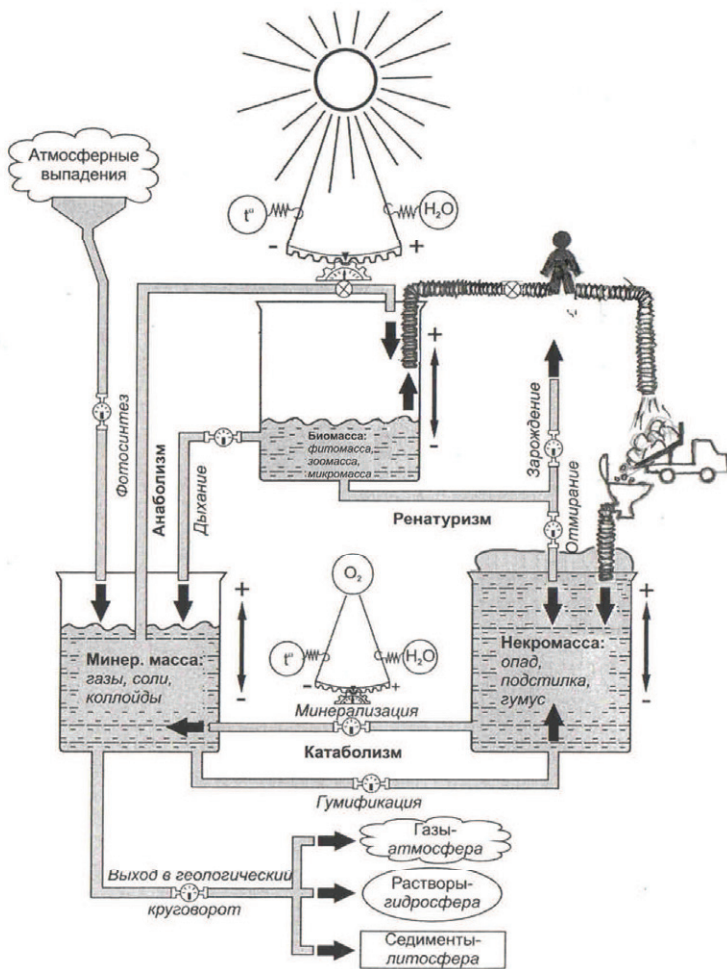


Рис. 4. Аллегорическая схема «Антропосфера». Пояснение в тексте.

На рисунке эти нарушения отражены в разных уровнях вещества в сосудах: минимум в сосуде биомасса, максимум в сосуде мортмасса. Показаны источники нарушения в виде фигуры человека, истощившего биомассу, и самосвала с унитазом, переполнивших сосуд мортмассы.

Сохранение существующего положения может привести к гибели всей популяции человека как биологического вида, не способного адаптироваться к среде иного качества. Даже незначительные изменения химического состава воздуха, воды и пищи вызывают патологические нарушения в организме человека. После гибели популяции человека биосфера быстро залечит раны, нанесенные его деятельностью, восстановит нарушенный гомеостаз и продолжит эволюцию жизни. На каком-то этапе появится мыслящее существо, которому предстоит пройти все этапы истории человека и вплотную столкнуться с проблемой глобального экологического кризиса. Если это существо сумеет встроить свою деятельность в метаболизм биосферы, оно продолжит свое развитие в ноосфере, где разум будет управлять деятельностью мыслящего существа в строгом соответствии с законами природы.

Восстановить нарушенный уровень гомеостаза и создать режим устойчивого развития при современном состоянии технологий и принципов хозяйства невозможно, поскольку главный источник нарушений человек разумный продолжает усиливать давление на биосферу и ее ресурсы. Поэтому, для того, чтобы восстановить нарушенный уровень гомеостаза необходимо удалить со сцены человека как главного нарушителя, а для того, чтобы сохранить популяцию человека, необходимо создать новый повышенный уровень гомеостаза, учитывающий потребности всей популяции (рис.5).

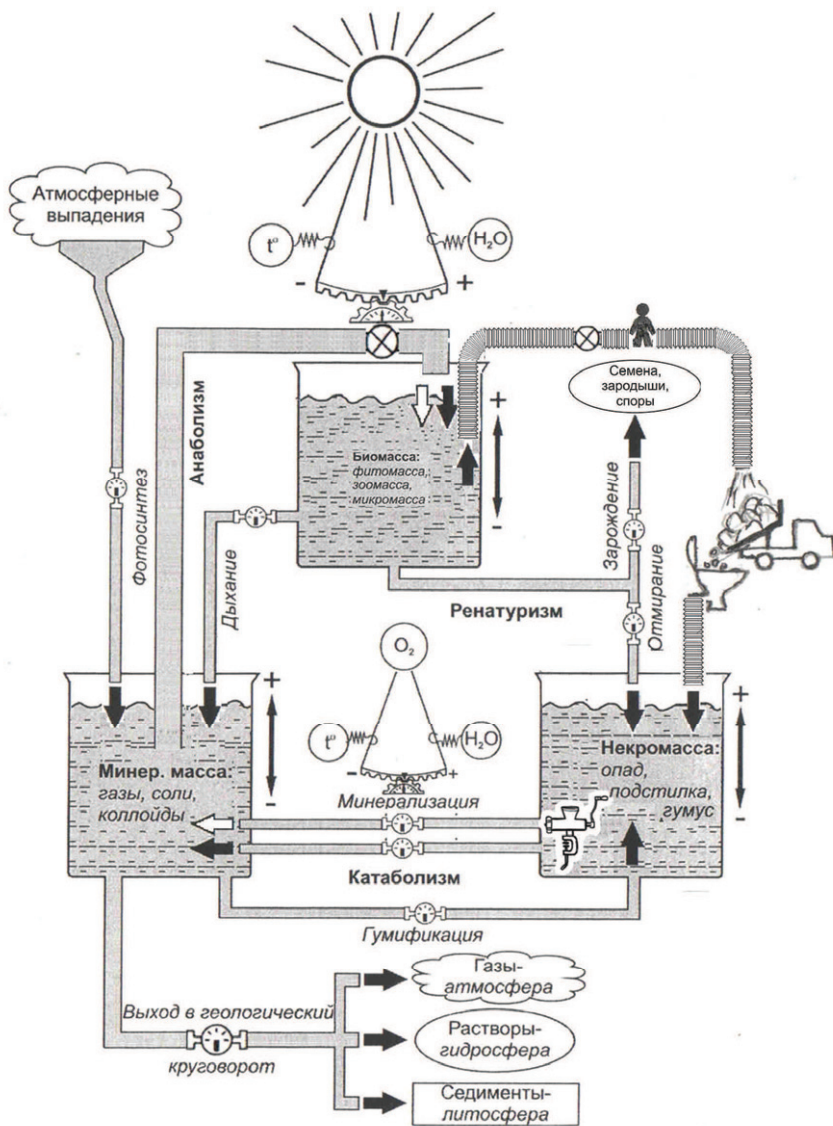


Рис. 5. Аллегорическая схема «Ноосфера». Пояснение в тексте.

Рисунок 5 «Ноосфера» аллегорически отображает метаболизм будущей ноосферы с повышенным уровнем гомеостаза в виде одинаковых, но более высоких уровней вещества во всех трех сосудах и механизма рециклинга третичной продукции в форме мясорубки при выходе из сосуда мортмассы. Такой повышенный уровень гомеостаза обеспечит надежное существование популяции человека в ноосфере, однако потребует от него приложения больших интеллектуальных и материальных усилий для постоянного поддержания гомеостаза на должном уровне, без его снижения.

Так выглядит принципиальная схема бесконфликтного выхода человека из глобального экологического кризиса, угрожающего существованию на Земле популяции человека разумного. К этому необходимо добавить сохранение «неснижаемого запаса» площадей естественных экосистем, которые в автоматическом режиме поддерживают качество среды обитания человека на Земле. Это количество еще предстоит подсчитать, поскольку вклад разных типов экосистем в жизнеобеспечение планетарной биоты сильно отличается и простым делением территории суши проблему не решить.

2.2. Жизненный цикл экосистемы, педоценоза, стадии развития почвенного профиля: почвообразование, функционирование почвы, сукцессии, метаморфозы почвенного профиля.

Каждый организм живет и развивается в соответствии с циклом онтогенеза, где последовательно происходит смена стадий развития от рождения до смерти. В цикле онтогенеза можно выделить две принципиально важные фазы: вегетативную и генеративную. Вегетативная фаза формирует структуру организма, расходуя ресурсы на его рост. При достижении своего предела роста включается следующая генеративная фаза, которая направляет ресурсы на подготовку продолжения жизни в следующем поколении. На этом собственно завершается жизненный цикл организма и он отмирает, уступая место представителю следующего поколения.

Точно так же каждая экосистема имеет свой жизненный цикл, который состоит из четырех стадий: 1) формирование экосистемы; 2) функционирование сформированной экосистемы в стационарном режиме; 3) сукцессии экосистемы при наступлении нештатных ситуаций; 4) метаморфозы экосистемы при изменении условий среды. На стадии формирования экосистемы происходит кооперация разнородных организмов в общий цикл метаболизма, отбор видового разнообразия, адаптированного к конкретному диапазону условий среды. Итогом стадии является экомасса – сумма живой и отмершей биомассы, которую можно назвать гомеостазом экосистемы. В ходе второй стадии экосистема

функционирует в стационарном режиме, поддерживая свой гомеостаз бесконечно долгое время при устойчивом состоянии климата. Третья стадия сукцессий может наступить в ходе второй стадии в случае нарушения режима функционирования внутренними процессами, стихийными бедствиями и другими внешними воздействиями. Четвертая стадия метаморфоза обязательно наступает в результате отклонения условий среды от оптимального диапазона. В этом случае происходит перестройка видового состава экосистемы и его настройка на новый диапазон условий среды. Результатом этой стадии является переход экосистемы в другой таксон классификации и формирование нового уровня гомеостаза, адаптированного к новому диапазону факторов среды.

При ежегодных колебаниях климата дерево откладывает годовые кольца разной толщины, а экосистема при долговременных отклонениях климата от нормы откладывает слои седиментов разной мощности. Каждый тип экосистем откладывает седименты определенного состава. Степные экосистемы откладывают лессы, лесные умеренного пояса – покровные суглинки, тропические леса – латериты.

Первичное освоение минерального субстрата начинают лишайники, представляющие собой симбиоз водоросли и гриба. Им почва не нужна. Постепенно под подушками ягеля накапливается органический мелкозем, который сносится в межобломочные пустоты и образует в недрах рухляка слой отмершей биомассы, в котором поселяются сапротрофные организмы, выделяющие в качестве отходов минеральные элементы. Этот примитивный субстрат становится питательной средой для высших растений и животных, опад которых со временем формирует морфологический профиль зональной почвы. Состав и свойства зональной почвы зависят от сочетания местных условий (климат, рельеф, подстилающая порода). Достигнув равновесия с местными условиями среды, почвенный профиль, как и вся экосистема, стабилизируется путем постоянного обновления за счет равновесия скоростей синтеза новой биомассы, ее отмирания и разложения. При условии стабильного климата почвенный профиль и ярусы фитоценоза могут сохранять неизменные свойства и признаки бесконечно долгое время. Следует подчеркнуть, что в метаболизме экосистемы функцию катаболизма выполняет педоценоз, который не является синонимом почвы. Почва – это биокосное природное тело, представленное генетическим профилем из набора горизонтов, которое характеризуется морфологией, физико-химическими свойствами. Педоценоз – это жизнь, которая кипит в толще почвенного профиля, биологический реактор, перерабатывающий отмершую биомассу в массу минеральных элементов. Часть этих элементов усваивает фитоценоз, а неусвоенная часть подвергается гумификации и хранится в безопасном для биоты состоянии до востребования фитоценозом. Педоценоз

характеризуется скоростью, емкостью, производительностью. Функции фитоценоза (анаболизм) и педоценоза (катаболизм) строго согласованы во времени между собой и с динамикой факторов среды обитания в суточном, годовом и многолетнем циклах. О взаимодействии почвы (профиля) и растительности (полога) можно говорить только в масштабе геологического времени.

Отклонение условий среды от оптимального диапазона изменяет режим функционирования экосистемы и ее структуру. Это означает метаморфоз экосистемы, то есть переход ее в другой таксон классификации. В этом новом состоянии экосистема будет существовать долго, пока сохраняются новые условия среды. Очередные изменения условий будут сопровождаться новым процессом метаморфоза. Эти изменения происходят в соответствии с законом перманентной адаптации экосистем к меняющимся условиям среды. Его сущность заключается в том, что при любых изменениях факторов среды экосистема должна перестроить структуру таким образом, чтобы функционировать в оптимальном режиме, когда все виды могут пройти весь цикл онтогенеза и дать здоровое потомство. Поэтому изменение условий среды ведет к обязательной перестройке видового состава экосистемы и ее компонентов, в результате которой в составе экосистемы остаются виды, адаптированные к новым изменившимся условиям среды.

Метаболизм экосистемы и биосферы объединяет в едином цикле обмена вещества три типа специализированных по типу питания биоценозов – фитоценоз, зооценоз и педоценоз, которые выполняют в экосистеме отработанные в процессе эволюции функции продуцентов, консументов и редуцентов. Они создают симбиотические кооперативные конструкции, в которых происходит обмен симбионтов отходами жизнедеятельности. Поэтому раздельное изучение каждого биоценоза в отрыве от связей с другими сейчас уже не эффективно. Примерно так же некорректно разделение тела человека на две половины: выше и ниже пояса. Часть выше пояса только кушает, а часть ниже пояса только какает. А цельный человек в это время творит, строит, планирует, рождает и воспитывает детей. Но это можно заметить только в случае изучения цельного автономного объекта, а не отдельно его составных частей. А процессы питания и испражнения необходимы для функционирования энергетического аппарата, как для двигателя внутреннего сгорания необходимы заправка горючим и выхлоп отработавших газов.

Популярное сегодня изучение структурно-функциональной организации живых систем нельзя признать удачным, поскольку оно отвлекающей от изучения механизма функционирования экосистем и почв как потенциальных объектов управления. Дело в том, что структурно-функциональная организация живых систем, как и многофакторный анализ

базируются на структуре экосистем и лишь попутно упоминают о функциях, там где на основе структуры не удается объяснить конкретный процесс или свойство объекта. Непосредственно механизм функционирования и его результативность в анализе не участвуют, поскольку они непосредственно никем не изучаются. А именно их изучение дает новые знания о динамических свойствах экосистем и почв, которые невозможно обнаружить при изучении структуры. Точно так же физиологические процессы в организме человека нельзя изучать методами патологоанатомов. Для этого нужны совсем другие параметры и совсем другие методы измерения, то есть принципиально другая экспериментальная база.

Механизм глобальных изменений границ природных зон при отклонениях климата от оптимального диапазона в периоды оледенений и аридизаций базируется на сочетании сукцессий и межзональных полос - экотонов. Между границами зональных экосистем существуют переходные пространства разной ширины, где в составе экосистем присутствуют представители двух граничащих зон. В случае потепления климата в экотоне будут преобладать виды более южной экосистемы, а при похолодании - северной. В соответствии с этим произойдет перемещение границ между экосистемами к северу или к югу в зависимости от климатического тренда и его интенсивности. Естественно, что такие изменения не могут происходить мгновенно, для смены видового состава даже в полосе экотона необходимо время. Это время может быть соизмеримо с периодом восстановительной сукцессии, когда одностороннему влиянию климатических изменений будет подвержена каждая стадия сукцессии. Только в таком случае на заключительной стадии образуется экосистема адекватная новым изменившимся условиям и завершится процесс метаморфоза экосистем.

В метаболизме экосистем происходит не только экономное расходование добытых ресурсов путем обмена участников отходами жизнедеятельности, но и почти полная и безопасная для биоты утилизация потенциально токсичных отходов метаболизма в виде избытка минеральных элементов выделенных педоценозом из мортмассы, но не усвоенных в данный момент фитоценозом. Утилизация свободных минеральных элементов происходит в два этапа путем их гумификации и биокристаллизации.

Временный избыток минеральных элементов создается в результате несовпадения во времени потребностей фитоценоза в элементах минерального питания (ЭМП) и последовательности их выделения педоценозом при минерализации отмершей биомассы. При накоплении эти «лишние» элементы могут оказать токсическое воздействие на биоту. Однако свободные радикалы разлагающейся мортмассы активно поглощают избытки минеральных элементов и нейтрализуют их потенциальную токсичность путем образования

устойчивых органо-минеральных соединений, объединенных общим термином – почвенный гумус или сапрпель (в водных экосистемах). Гумус не только накапливает, хранит и дозирует необходимые фитоценозу биофильные элементы, он также нейтрализует потенциальную токсичность их избытка для биоты.

Гумиикация – это временная утилизация отходов метаболизма экосистем, которая включает свободные элементы в состав устойчивых органо-минеральных соединений и хранит их в безопасном для биоты состоянии до востребования фитоценозом. Растения, испытывающие дефицит конкретных элементов с помощью корневых выделений провоцируют вспышку численности прикорневой микрофлоры, которая быстро «съедает приманку» и переключается на питание определенными фракциями гумуса, высвобождая при этом нужные растениям питательные элементы. Излишки свободных элементов образуются также и в результате минерализации гумуса, когда фитоценоз усваивает только нужные ему элементы, а остальные отторгает. В этом случае утилизация избытков свободных элементов происходит путем биокристаллизации.

Биокристаллизация – это необратимая утилизация отходов метаболизма экосистем.

Потенциальная токсичность отторженных фитоценозом минеральных элементов нейтрализуется с помощью процессов биокристаллизации, которая необратимо связывает свободные элементы кристаллической решеткой и безопасно для биоты складывает их в литосфере как седименты осадочных пород. Но сначала биокристаллизация формирует минеральную основу почвенного профиля путем разбавления разлагающейся мортмассы. Потом они образуют подпочвенный горизонт С, который почвоведы называют почвообразующей породой, хотя она по мнению Б.Л.Личкова (1945) является почвообразованной породой. Мизерные отходы метаболизма экосистем по сравнению с ежегодной продукцией биомассы в геологическом масштабе времени образуют слои осадочных пород, которые в процессе накопления погружаются в кору выветривания следующими слоями осадков и под влиянием высоких давлений и температур превращаются в метаморфические породы. Дальнейшее погружение их в мантию Земли переплавляет метаморфические породы в магматические, а затем тектонические процессы выносят их на земную поверхность в виде континентальных и подводных горных хребтов.

2.3. Концепция «кризисного управления» метаболизмом биосферы как альтернатива концепции «устойчивого развития».

Концепция кризисного управления или управляемой эволюции появилась недавно как альтернатива популярной, но бесперспективной концепции устойчивого развития. Возникновение человека привело к превращению биосферы в антропосферу, размыканию замкнутых круговоротов вещества, и нарушению биотической регуляции биосферных процессов. Человек нарушил закон природы, ограничивающий рост численности популяций и увеличил численность своей популяции до предела возможностей биосферы, что привело к нарушению гомеостаза биосферы и глобальному экологическому кризису. Сначала человек на правах сильного присвоил часть ресурсов, предназначенных другим видам, потом на правах умного освоил ресурсы, недоступные другим видам. Наконец, в погоне за комфортом, он создал новый класс вещества в биосфере – третичную продукцию, включающую искусственные вещества и материалы, машины и механизмы, здания и сооружения, отходы производства и потребления, бытовые отходы. Нарушение биотической регуляции гомеостаза и загрязнение биосферы глобальными и вечными поллютантами, поставило под угрозу жизнеобеспечивающие системы биосферы, стало реальной угрозой существованию самого человека как биологического вида из-за роста популяционного груза. Гармонизация этих процессов, необходимая для перехода антропосферы в ноосферу затруднена разницей в скоростях эволюции технологий, сознания и экосистем. Концепция кризисного управления развитием биосферы («управляемая эволюция») позволит создать новый уровень гомеостаза биосферы, но для этого необходимо отказаться от неолитической парадигмы природопользования, от потребительского отношения к природе, от почетного звания человека как покорителя природы.

По прошествии 30 лет уже можно утверждать, что концепция устойчивого развития оказалась невыполнимой. Ни одна страна так и не пошла по этому пути. Концепция устойчивого развития возникла как реакция мирового бизнеса на либерализацию мировой торговли, но Всемирная торговая организация оказалась много эффективнее.

С другой стороны, начиная с 1980-х гг. получает все большее признание идея и практика «кризисного управления» – исправления происшедших под влиянием человека изменений жизнеобеспечивающих свойств биосферы. Три года назад А.В. Яблоков, В.Ф. Левченко, А.С.Керженцев (2014) на основе идеологии кризисного управления сформулировали концепцию перехода к управляемой эволюции биосферы, как одного из разумных путей выхода человека из глобального экологического кризиса.

Превращение человеком Биосферы в Антропосферу. (рис. 3, 4).

По предложению А.В.Яблокова мы создали три аллегорических рисунка, приведенные выше, которые отражают принципиальные различия функционирования экосистем «Биосфера», «Антропосфера» и «Ноосфера». На рисунке 3 «Биосфера», структура Биосферы представлена в форме трех сосудов: Биомасса, Некромасса и Минермасса, которые содержат средние уровни соответствующего вещества, которые уравновешены благодаря согласованной работе трех функций (анаболизм, ренатуризм, катаболизм) в форме соединительных трубопроводов. Каждая функция представлена двумя трубопроводами, имеющими противоположное направление: анаболизм – это биосинтез и экскреции; ренатуризм – возрождение и отмирание; катаболизм – минерализация и гумификация. Благодаря слаженной работе всех трубопроводов, средние уровни в сосудах поддерживаются стабильно с флуктуациями в границах колебаний среднего. Стабильность уровней во всех трех структурных блоках обеспечивает стабильность гомеостаза биосферы и его способность к саморегуляции.

Рисунок 4 «Антропосфера» отличается нарушением равновесия уровней вещества в сосудах. Уровень биомассы значительно снизился, зато уровень Некромассы (Мортмассы) значительно возрос, перевалив через край сосуда. Снизился уровень Минеральной массы, часть которой оказалась законсервированной в Некромассе. Сопоставление рисунков 3 и 4, образно показывает главную причину нарушения гомеостаза биосферы и его виновника, деятельность которого изображена в виде фигуры человека, унитаза и самосвала на трубе ренатуризма и отмирания. Из этого сопоставления становится понятно, каким образом надо решать возникшую проблему глобального экологического кризиса. Прежде всего, стало ясно, что в присутствии человека как главного нарушителя гомеостаза биосферы, восстановить нарушенный гомеостаз до прежнего уровня невозможно, поскольку антропогенное воздействие на биосферу не снижается, а продолжает усиливаться. Восстановление исходного уровня гомеостаза биосферы возможно в одном случае – при отсутствии человека как биологического вида. Но это антигуманно и нас не устраивает. Поэтому для сохранения человека как биологического вида с его современными потребностями, необходимо создать новый, более высокий уровень гомеостаза с учетом потребностей определенной численности популяции человека и сопутствующих ему домашних животных.

Рисунок 5 показывает результат создания нового повышенного уровня гомеостаза биосферы путем рециклинга третичной антропогенной продукции, переполнившей сосуд

некромассы (мортмассы). Рециклинг изображен в виде мясорубки и второго дополнительного трубопровода минерализация из сосуда некромассы в сосуд минермассы. В результате рециклинга третичной продукции в биологический круговорот вернулись биофильные элементы, которые были законсервированы в ее массе, что позволило резко повысить массу первичной продукции (фитомассы) оказавшейся в дефиците. Таким способом может быть создан новый уровень гомеостаза биосферы, настроенный на реальную массу вторичной продукции (зоомассы), созданной человеком в ущерб природе. Этот новый повышенный уровень гомеостаза придется постоянно поддерживать с помощью высших технологий при консолидации материального и интеллектуального потенциала человечества, пожираемого сейчас милитаризацией, алчностью людей, конфронтацией этносов на основе национальных, религиозных, имущественных противоречий. Эти анахронизмы неолитической парадигмы сдерживают эволюцию самого человека и человек разумный продолжает покорять природу, враждовать с ней, забывая о том, что сам он может погибнуть гораздо раньше, чем завоюет природу. Он даже не способен оценить реальную опасность вызванного его деятельностью глобального экологического кризиса. Несмотря на многочисленные предупреждения о его приближении, человек упорно продолжает развивать природопокоряющую природогубительную экономику, напрочь потеряв инстинкт самосохранения.

Для того, чтобы человек осознал угрожающую ему реальную опасность глобального экологического кризиса человек разумный (*Homo sapiens*) должен эволюционировать в человека просвещенного (*Homo illuminatus*), который глубоко овладеет законами природы и составит программу действий человечества в строгом соответствии с требованиями этих законов. Но реализовать эту программу он не сможет, поскольку для ее реализации нужно объединить накопленный человечеством материальный и интеллектуальный потенциал, который направлен на получение баснословных прибылей и на борьбу за передел ресурсов путем устрашающей милитаризации человечества, уже способного уничтожить все живое на Земле в течение одного года. Для того, чтобы реализовать программу выхода из глобального экологического кризиса человек просвещенный (*Homo nobilis*), овладевший вершинами Науки, должен эволюционировать в человека благородного (*Homo nobilis*), который, наконец, избавится от неолитической парадигмы, от первобытных инстинктов наживы, алчности, агрессии, милитаризма, объединит разобщенный материальный и интеллектуальный потенциал человечества и направит его на сохранение человека как биологического вида на космическом корабле по имени Земля, который одиноко блуждает по просторам Космоса с ограниченным запасом ресурсов и постоянно растущей

численностью экипажа. Тогда исполнятся пророчества наших великих мечтателей В.И.Вернадского о растекании жизни по Земле, ближнему и дальнему Космосу, и К.Э.Циолковского: «Планета – колыбель жизни! Но нельзя вечно жить в колыбели!»

Принципиальные возможности управляемого перехода Антропосферы в Ноосферу. (рис. 5).

Теоретически возможны три направления для восстановления нарушенного в антропоцене метаболизма биосферы.

1) Первое направление – *снижение промышленного производства на основе традиционных технологий, широкое использование альтернативных, экологически безопасных технологий; полная утилизация накопленной третичной продукции.*

Для сокращения накопленной массы третичной антропогенной продукции необходимо научиться возвращать захваченные антропосферой биофильные вещества в цикл метаболизма естественных и аграрных экосистем. Трудно разлагаемые и чуждые биоте «лишние» вещества следует концентрировать и безопасно захоранивать (по аналогии с естественным процессом биокристаллизации, выводящей из биосферного круговорота потенциально токсичные отходы метаболизма).

Понятно, что любая деятельность, связанная с использованием материальных ресурсов, должна осуществляться на основе реализации т.н. каскадных технологий (Реймерс, 1994): использование отходов одного предприятия в качестве сырья для другого, и повышение эффективности использования вовлекаемых в производство вещества и энергии. Каждая технология должна включать обязательно стадию утилизации отходов. А кроме того, каждое предприятие должно иметь свою специализированную систему утилизации отходов всего набора своих технологий.

2) Второе направление – *увеличение производства первичной продукции.* Один из путей для этого – увеличение плотности зеленого покрова планеты. В этом же ряду технологий (направленных на то, чтобы солнечный луч не падал на голую землю) находится развитие пермакультуры и агролесоводства.

В этом же направлении увеличения первичной продукции биосферы может оказаться перспективным повышение эффективности использования растениями энергии Солнца. Существует теоретическая возможность увеличения эффективности фотосинтеза некоторых растений, как путем увеличения содержания хлорофиллов в фотосинтезирующих органах (с помощью селекции и генной инженерии), так и путем конструирования искусственных экосистем с преобладанием видов растений с высокой продуктивностью.

3) Третье направление – *снижение «пресса консументов».*

Чрезвычайно быстрый рост численности популяций человека и сопутствующих ему животных, создал избыток вторичной продукции (зоомассы). Повышение выхода животного белка на единицу корма, могло бы помочь уменьшить число сельскохозяйственных животных при той же общей продукции.

Среди необходимых для существования человека действий по сохранению и стабилизации жизнеобеспечивающих функций биосферы можно назвать следующие:

- увеличение площади природных экосистем, увеличение первичной продукции;
- стабилизация уровня и восстановление биоразнообразия;
- восстановление структуры нарушенных биомов;
- деурбанизация «запечатанных» территорий;
- снижение популяционного груза.

Рассмотрим подробнее эти пять направлений.

Увеличение площади природных экосистем. Количественные расчеты по необходимому размеру охраняемых территорий для восстановления нарушенной биотической регуляции в биосфере должны содержать оценки площадей естественных природных территорий по всем биомам. Ориентировочная оценка предполагает, что площадь природных систем, минимально необходимая для поддержания жизнеобеспечивающих свойств биосферы должна быть не меньше 50% поверхности суши (Горшков,1995; Wilson. 2016). При этом надо исходить не из площадей административно-политических единиц, а площадей биомов и водосборных бассейнов.

Биомный принцип заключается в учете относительной роли разных биомов в биотической регуляции процессов в биосфере. Из этого подхода следует, что площади охраняемых территорий в высоких широтах должны быть многократно большими, нежели в тропиках.

Бассейновый подход также подразумевает сохранение экосистем с учетом их положения на водосборных территориях (Ковда, Керженцев, 1983).

Для применения этих подходов и принципов нужны расчеты пределов допустимой трансформации различных экосистем, чего пока в должном объеме не сделано. По ориентировочным расчетам (Горшков,1995; Wilson. 2016; Горшков, 2006), восстановление природных экосистем на 50% территории суши позволит приостановить глобальные негативные изменения круговорота углерода и накопления углекислого газа в атмосфере даже при сохранении современных антропогенных выбросов.

Восстановление и сохранение биоразнообразия. Поскольку большая часть видов и биогеоценозов до сих пор не описана, то единственным способом надежного сохранения биоразнообразия является сохранение в каждом биоме значительных участков в природном (нетронутым) состоянии. Это означает переход от видового принципа сохранения биоразнообразия, основанного на описании и сохранении отдельных видов, к экосистемно-биосферному принципам сохранения биоразнообразия, основанному на сохранении биогеоценозов и биомов. Такой подход реализуется в Программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» проект 8 – Биосферные резерваты. В отличие от национальных заповедников, которые выбираются по принципу уникальности ландшафтов, видов растений и животных, участки для биосферных заповедников выбираются по принципу типичности для конкретной природной зоны (биома).

Как бы фантастически это не звучало, но сохранение биологических образцов тканей (в первую очередь – генетического материала) всех видов обитающих на определенной территории должно стать обязательным условием вследствие осуществления антропогенной трансформации любой территории.

Восстановление структуры нарушенных биомов. Ясно, что разные биомы имеют существенно разное значение в поддержании глобального экологического равновесия. Единица площади, занятая тропическими лесами и болотами по продуктивности соответствует четырем единицам площади, занятой сходными экосистемами в умеренной зоне (Горшков, 1995).

Деурбанизация. Уже десятилетия назад стало понятно (Родман, 1977), что надо стремиться к экологически упорядоченному использованию пространства городов. Практика их застройки требует существенной корректировки. Возникшая в последние десятилетия концепция «умных городов» частично решает эту задачу. Хотя проблема расселения остается дискуссионной: толи концентрация населения в мегаполисах с высоким уровнем комфорта в окружении крупных природных массивов, толи расселение в мелких хуторах среди природы. Наверное, нужно и то и другое в каждом биоме нужно действовать по своему.

Снижение популяционного груза. Жизненно важным для человека становится проблема предотвращения дальнейшего роста популяционного груза (Яблоков, 2015). Сегодня просматриваются три направления действий в этом направлении: ограничение выбросов и сбросов загрязняющих биосферу веществ, очистка антропосферы от уже имеющихся в ней «вечных» поллютантов, лечение и медико-генетическое консультирование.

Успех вышеописанной и постоянно развивающейся программы действий будет зависеть от того, хватит ли у человека времени, не приведет ли накопление популяционного груза к необратимому разрушению здоровья человека до того, как он окажется в состоянии согласовать свое жизнеобеспечение с природными процессами функционирования биосферы.

Выше кратко были изложены идеи, которые суммарно составляют основу реализации концепции «управляемой эволюции» биосферы. В других работах соавторов более подробно рассматриваются пути эволюции биосферы, основные черты глобального экологического кризиса (Яблоков, 2015; Яблоков, Левченко, Керженцев, 2015, 2017).

Соавторы сформулировали ряд постулатов, положенных в основу концепции управляемой эволюции:

- эволюция биосферы привела к созданию устойчивой системы биотической регуляции, основанной на высокой степени замкнутости глобального биологического круговорота – метаболизма биосферы;

- возникновение и развитие человека, как существа биосоциального, вышедшего за рамки биологических закономерностей, разорвало эту замкнутость, и катастрофически нарушило биотическую регуляцию биосферы. Устойчивая биосфера превратилась в неустойчивую антропосферу;

- в результате существенного нарушения биотической регуляции разразился глобальный экологический кризис, который бумерангом начинает представлять реальную угрозу для самого человека;

- преодоление глобального экологического кризиса возможно с помощью управляемой эволюции (концепция кризисного управления развитием биосферы по существу альтернативна большинству подходов, предлагаемых в рамках концепции «устойчивого развития», см. например Урсул, 2008);

- такое преодоление возможно лишь путем восстановления нарушенной системы биотической регуляции, на основе перехода от развития социума по неолитической парадигме эксплуатации и «покорения» природы, к организации «кризисного управления» биосферной деятельностью социума – восстановлению и «ремонту» нарушенных процессов в биосфере;

- если деструктивная деятельность людей еще не привела к переходу через «точку невозврата» (что неясно), то с помощью концепции управляемой эволюции будет возможным создание устойчивой антропосферы; это будет означать превращение

антропосферы в *ноосферу*. Концепция управляемой эволюции может оказаться мостиком между изучением этих двух уровней организации материи.

Для перехода к управляемой эволюции нужны не просто отдельные ресурсо- и энергосберегающие технологии, а требуется новая организация человеческого хозяйства – принципиально новая парадигма поведения человека в биосфере. Неандертальская (неолитическая) парадигма породила экстенсивное использование ресурсов, войны по их перераспределению, накопление неразлагаемых отходов и тотальное отравление биосферы. В итоге, произошедшее нарушение механизма биотической регуляции биосферы по принципу бумеранга поражает человечество: человечество с фатальной близорукостью все чаще проходит большие и малые по последствиям «точки невозврата». Этому способствует и большая скорость технологического развития по сравнению со скоростью духовного развития, и еще более значительная разница технологического развития со скоростью естественной экосистемной эволюции.

Сумеет ли человек создать гармоничную социально-экологическую систему глобального масштаба – ноосферу, – и сможет ли он восстановить и поддерживать ее динамическое равновесие? Сможет ли изменить образ жизни и избавиться от синдрома «покорителя природы»? С теоретической точек зрения это возможно, но с практической точки зрения – маловероятно. Похоже, что без каких-то катастрофических для человечества событий, узко-понимаемые задачи обеспечения «национальной безопасности», будут - как и почти всегда до сих пор, - выше общечеловеческих.

Глава 3. Скорость метаболизма и возраст экосистем биосферы.

3.1. Генезис рендзин как пример жизненного цикла экосистем.

Данная глава посвящена светлой памяти корифея докучаевского почвоведения профессора Сергея Владимировича Зонна, который в августе 1966 года предложил мне заняться изучением генезиса рендзин – уникальных почв на карбонатных породах, которые отличаются высоким содержанием гумуса в условиях, исключающих его накопление. Много лет спустя, именно раскрытие генезиса рендзин позволило обнаружить и сформулировать положение о жизненном цикле всех почв и экосистем биосферы. Рендзины от других почв отличает однородный темносерый, черный или темнобурый горизонт, который лежит непосредственно на плите или элювии известняка среди подзолов, серых и бурых лесных почв, залегающих на обычных бескарбонатных породах. Некоторые исследователи обоснованно считали их временными почвами. Как только между гумусовым горизонтом и плитой известняка появлялась прослойка суглинки мощностью 20-30 см, начинался процесс превращения рендзин в зональные почвы. Предполагалось, что эта прослойка появилась в результате выветривания известняка и накопления содержащихся в нем примесей. Однако у исследователей вызывал сомнение слишком большой объем карбонатной породы, необходимый для накопления слоя примесей 20-30 см. К этой краткой характеристике рендзин для меня С.В.Зонн добавил: «Проблема интересная, но для докторской диссертации она мелковата, а для кандидатской великовата, поэтому всерьез ей никто не занимается. Попробуйте раскусить этот крепкий орешек, наука скажет Вам спасибо».

Я с большим воодушевлением взялся за эту заманчивую тему, перерыл массу литературы вековой давности в основном на польском языке. Написал обширный литературный обзор. Но потом мне пришлось по долгу службы переехать в Новосибирск, где я поступил в очную аспирантуру нового Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Директор Института профессор Р.В.Ковалев посмотрел мои заготовки и сказал: «В Западной Сибири таких почв нет, займитесь почвами Обь-Енисейского междуречья». Пришлось отложить успешное начало до лучших времен, думал - навсегда. Но проблема всплыла ровно через 50 лет, когда мне удалось в рамках новой науки Функциональной экологии вместе с В.А.Ковдой и В.В.Бугровским описать и сформулировать механизм функционирования экосистем и понять механизм образования отходов их метаболизма, изучить процессы биокристаллизации и образования микробиолитов, заново перечитать работы Л.С.Берга, С.С.Неуструева, Р.С.Ильина, Б.Л.Личкова о пороодообразующей роли почв. Оказалось, что

упомянутая прослойка, после накопления которой между породой и почвой рендзина стала превращаться в зональную почву, появилась не снизу от породы, как полагали раньше геологи и почвоведы, а сверху от почвы, как установили экологи. А теперь изложу все по порядку: сначала исторический обзор проблемы, потом превращение рендзины в зональную почву и наконец описание идеи жизненного цикла рендзин и других типов почв.

Генезис рендзин.

Итак, рендзины, перегнойно-карбонатные почвы, «таежные черноземы» - такими терминами в разных регионах в разное время назывались удивительные почвы, обнаруженные в самых разных природных зонах среди обычных зональных почв. Их главное отличие от окружающих зональных типов почв – единственный темно-серый, темно-бурый или черный гумусовый горизонт с хорошо оформленной зернисто-комковатой структурой, лежащий непосредственно на плотной карбонатной породе (известняк, мергель, опока, гипс). Происхождение этих интразональных почв связано с залеганием на выходах известняков, которые встречаются среди подзолистых почв в тайге, среди бурых и серых лесных почв в хвойно-широколиственных лесах Восточной Европы, Прибалтики, Южной и Восточной Сибири, среди горных лесных почв Северного Кавказа, Крыма, Балкан, Альп.

А.Ф.Лебедев (1906) писал: «Перегнойно-карбонатные почвы давно обращали на себя внимание исследователей своим черным цветом, хорошим плодородием, а в последнее время и своим генезисом Своеобразной особенностью перегнойно-карбонатных почв является значительное содержание в них гумуса при таких комбинациях климатических факторов, которые исключают его накопление».

Термин «рендзина» в переводе с польского означает – вязкая земля, глинистая почва. Этим словом крестьяне южных районов Польши называли черные, как уголь, почвы, развитые на мергелях, известняках и гипсе. В научную литературу этот термин ввели польские почвоведы в конце XIX века для обозначения богатых «пшеничных» почв, которые обладают рядом неблагоприятных физических свойств, затрудняющих их обработку.

Н.М.Сибирцев (1951) впервые придал этому термину значение генетического почвенного типа: «Они залегают пятнами, исключительно приурочиваясь к выходам карбонатных пород, и тотчас же исчезают, раз эти породы скрываются под лессом или под валунными наносами. Такие перегнойно-карбонатные почвы имеют, стало быть, интразональный характер, т.е. вызываются одним доминирующим образователем – материнской породой». А.Ф.Лебедев (1906) подчеркнул: «Здесь впервые говорится о рендзинах как об известном генетическом типе, а не о плодородной среде, впервые ставится

вопрос – почему среди подзолистых слабогумусных почв залегают богатые гумусом почвы». После этого термин распространился среди почвоведов Европы и Америки.

В какой бы природной зоне эти почвы ни находились, они всегда очень резко отличались от окружающего зонального почвенного покрова, имея, в то же время, целый ряд сходных признаков и свойств между собой. Совокупность этих признаков позволила выделить официально в 1958 г. решением Межведомственной комиссии по номенклатуре, систематике и классификации почв СССР, при Академии наук СССР генетический почвенный тип «Рендзины». Они обозначены на почвенных картах СССР, Швеции, Австрии, Венгрии, Германии, Болгарии, Польши. К.Д.Глинка (1935) отметил, что «в теплоумеренной зоне эти почвы описаны Драницыным для Северной Африки. По-видимому и в тропиках возможно ожидать образование рендзин, но они там вероятно довольно быстро превращаются в латеритные почвы».

В начальный период развития почвоведения рендзины, как и другие почвы, рассматривались с точки зрения пригодности их для возделывания тех или иных культур. Вследствие этого ученые того времени констатировали лишь высокое плодородие рендзин и некоторые их неблагоприятные физические свойства (вязкость при увлажнении, растрескивание при высыхании). Так профессор Зейшнер (цитировано по Мазановский, 1903) отмечал: «Хотя они заключают в себе достаточно питательных веществ, тем не менее, не принадлежат к урожайным: во время засухи становятся каменистыми, а в дождливое время становятся водонепроницаемыми, лишь в местах, где остался слой наносного песка – там получается из мергельной и гипсовой рендзины прекрасная почва».

Первое теоретическое объяснение генезиса рендзин дал Н.М.Сибирцев (1951): «Высокое содержание перегноя, характеризующего некоторые рендзины, должно быть поставлено в прямую связь с преобладанием в составе материнской породы щелочноземельных карбонатов, главным образом извести. Обыкновенно признается, что известь способствует сторанию перегноя, и это совершенно справедливо в тех случаях, когда известь, как основание, усредняет перегнойные почвенные кислоты, нейтрализует кислую реакцию почвы (например, торфянистой) и таким образом создает условия, благоприятствующие жизнедеятельности бактериального населения почвенной среды. Но если извести слишком много (мел, известняк), то она действует уже как слабая щелочь, нейтральный характер почвенной среды нарушается в другую сторону, условия оптимума для развития и жизнедеятельности микроорганизмов, разлагающих органические вещества почвы, опять исчезают и, следовательно, остаточного перегноя накапливается больше».

Наиболее полное отражение вопросы генезиса рендзин нашли в работе А.Ф.Лебедева (1906), написанной на основании исследований, проведенных в Польше по предложению К.Д.Глинки, и обобщения имеющегося довольно обширного фактического материала русских и польских почвоведов. Говоря о влиянии карбонатов на гумусонакопление, он ссылается на исследования Коссовича и Третьякова показавшие, что «углекислая известь, прибавленная к разлагающемуся органическому веществу, может сильно замедлить процесс разложения», а также на выводы профессора Слезкина о том, что продукты разложения растительных остатков, которые «соединяются с известью, теряют свой коллоидный характер, темнеют, принимают плотную консистенцию и не дают плесневой растительности, и в этом соединении органические вещества сохраняются в почве, не подвергаясь более быстрому разрушительному действию плесневых грибков, а только медленному окислению, и по мере последнего принимают вид и состав нерастворимого почвенного гумуса».

Позднее исследованию этого вопроса посвятили свои работы (Роде, 1927; Тихеева, 1932; Глинка, 1935; Ковригин, 1939; Ногина, 1948; Иванова, 1949, 1959; Зонн, 1963; Герасимов Ив.П., 1949, 1965; Пономарева, Мясникова, 1951, 1954; Зольников и др., 1962; Остроумов, 1963). Из зарубежных ученых следует отметить почвоведов Польши: (Малевский, 1878; Мазановский, 1903), Венгрии (Сабо и др., 1962), Болгарии (Бояджиев, 1963), США (Уголини и Тедров, 1963), Франции (Дюшофур, 1970). О генезисе рендзин писали также С.А.Захаров, Д.Г.Виленский, М.М.Кононова, Б.Б.Полынов, М.А.Глазовская и другие.

К.Д.Глинка (1935) еще в 1904 году впервые высказал мысль о временном характере рендзин. Он считал, что эти почвы «способны к превращениям без всяких изменений внешних условий». В качестве примера он рассматривает рендзину в зоне подзолистых почв (цит. по А.Ф.Лебедеву (1906): «Представим себе, что в полосе, где преобладают подзолистые почвы, имеются выходы мергелистых пород, на которых начнут формироваться перегнойно-карбонатные почвы, резко отличающиеся от соседних подзолистых суглинков, развивающихся рядом на лессах или моренных глинах. В первых стадиях образования рендзин сильное влияние будет оказывать химический состав породы, благодаря которому будет задерживаться разложение органических остатков, и гумус будет накапливаться. ... Выветривание мергелистой породы не ограничится, конечно, образованием гумусового горизонта, а будет продолжаться и глубже этого последнего с той лишь разницей, что в этом случае будет действовать на мергель не гумусовые растворы, а главным образом вода с углекислотой. Следовательно, в то время как в поверхностных слоях из мергелистой породы

будет формироваться гумусовый горизонт в более глубоких слоях пойдет образование буроватого или желтоватого суглинка.

Когда наступит такой момент, что гумусовый горизонт отделится от мергелистой породы слоем суглинка, не содержащего углекислой извести и сам будет лишен обломков мергеля, тогда исчезнут условия, благодаря которым в почве накапливается гумус и выступит на первом плане влияние климатических факторов. А комбинация последних в подзолистой полосе такова, что не способствует накоплению значительных количеств перегноя. Следовательно, с указанного момента рендзинная почва начнет понемногу видоизменяться, ее гумус начнет разлагаться и в конце концов она неминуемо превратится в подзолистую почву».

Эту мысль развил А.Ф.Лебедев (1906): «После выщелачивания карбонатов из горизонта А, последний, не отличаясь больше ничем от силикатных пород, начинает выветриваться, подчиняясь уже климатическим и геологическим факторам выветривания значительно сильнее, чем раньше и мы вправе ожидать образование нового почвенного типа, согласно комбинации климатических, геологических, а также, вероятно, и новых биологических агентов выветривания».

Ив.П.Герасимов (1949) наблюдал на Кавказе переход рендзин в бурые лесные почвы; С.В.Зонн (1963) отметил подобное явление на Камчатке; Т.П.Бояджиев (1963) наблюдал в Болгарии эволюцию рендзин в серые и бурые лесные почвы. Подобный метаморфоз наблюдался на Урале (Иванова, 1949, 1959; Ногина, 1948). По наблюдениям Ив.П.Герасимова (1963) в Якутии, «мерзлотные рендзины эволюционируют в палевые мерзлотно-таежные почвы». Аналогичную ситуацию описали американские почвоведы в Северной Аляске среди арктических коричневых тундрово-болотных литосолой (Уголини и Тедров, 1963). Особенно много в литературе примеров метаморфоза рендзин в подзолистые почвы, как наиболее наглядного превращения одного типа почвы в другой.

Многочисленные примеры показывают идентичность первой стадии развития почв на карбонатных породах в различных природных зонах и резкое различие их второй стадии. На первой стадии эти почвы резко отличаются от окружающего почвенного покрова, а на второй – происходит постепенное сближение, а затем полное слияние с окружающими зональными почвами. Следовательно, на первых стадиях развития рендзин в разных природных зонах они находятся под влиянием одного универсального фактора – карбонатной породы, а затем, по мере ослабления этого влияния, климатические условия превращают рендзины в зональные почвы.

Основной вклад в решение проблемы генезиса рендзин внесли в самом начале прошлого века Н.М.Сибирцев, А.Ф.Лебедев, К.Д.Глинка. В дальнейшем исследователи пополняли фактический материал, подтверждающий их выводы. Расширение территорий и техники исследований вносили некоторые теоретические новшества. Например, данные о качественном составе гумуса позволили увидеть разницу гумуса рендзин, подзолов и черноземов Пономарева, Мясникова (1951), оценить идентичность гумуса рендзин разных стран (Бояджиев, 1963). Описание рендзин в разных природных зонах углубили и расширили концепцию К.Д.Глинка об эволюции рендзин в подзолы и дали много примеров их превращения в другие типы почв.

Главным стимулом эволюции рендзин в зональные почвы служит выщелачивание карбонатов из почвенного профиля. Скорость выщелачивания зависит от состава известняка и климатических условий. Т.Г.Бояджиев (1963) считает, что при выщелачивании карбонатов на глубину примерно 40-60 см усиливается влияние зональных условий и рендзины приобретают признаки зонального почвенного типа.

А.А.Роде (1927, с.365) писал по поводу генезиса и эволюции рендзин: «Вследствие большого содержания в породе CaCO_3 различные органические кислоты, образующиеся при разложении органических остатков, сразу же на месте своего образования, нейтрализуются. Многие из этих кислот, например гуминовая, образуют при этом нерастворимые в воде кальциевые соли. Это, во-первых, способствует значительному накоплению насыщенного кальцием гумуса, во-вторых, так как реакция поддерживается благодаря наличию углекислого кальция все время слабо щелочной, оподзоливание почвы не происходит. ... В таком состоянии эти почвы существуют до тех пор, пока в гумусовом горизонте имеется CaCO_3 в форме обломков породы. Вследствие промывного водного режима этих почв и того, что CaCO_3 хотя и трудно, но растворяется в воде, он постоянно выщелачивается из верхних горизонтов, при этом накапливаются в качестве остаточного продукта глинистые и иные частицы, входившие как примесь в состав известняков.

С того момента, когда накопившаяся таким путем глинистая толща достигает мощности 20-30 см и окажется при этом полностью лишенной CaCO_3 , характер почвообразования начнет меняться. Вещество, определявшее почвообразование в перегнойно-карбонатной почве (CaCO_3) из верхних горизонтов исчезло, и осталась рыхлая порода обычного сиалитного типа. Органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков, нейтрализуются уже не полностью, реакция делается поэтому кислой и почва начинает оподзоливаться.

Скорость эволюции зависит прежде всего от содержания в породе CaCO_3 , чем оно выше, тем дольше существуют рендзины и наоборот. Настоящие рендзины встречаются на выходах мела, где содержание CaCO_3 близко к 100%».

К.Д.Глинка (1935, с.138) написал: «При разложении известковой или доломитовой породы, рассеянные в массе ее посторонние примеси скопляются концентрируются и образуют глинистую или суглинистую массу желто-бурого, красно-бурого или даже красного цвета. Само собой разумеется, что для получения небольшого слоя этой глинистой массы требуется иногда выветривания громадной толщи известняков или доломитов. Легче совершается накопление продуктов выветривания в мергелях, содержащих уже значительное количество примеси к углекислой извести».

Е.Н.Иванова (1949, с.79) объясняет отсутствие в перегнойно-карбонатных почвах оподзоливания тем, что «они развиты на породах, содержащих в достаточном количестве свежие первичные минералы. Последние отщепляют при гидролизе основания, нейтрализующие кислые продукты разложения растительных остатков. Выветривание первичных минералов в условиях щелочной или почти нейтральной среды (на первых стадиях) идет с новообразованием глинных минералов и коллоидов и их накопления в толще элювия, т.к. в этих пределах реакции среды глинные минералы не разрушаются. Поэтому в почвах отсутствует элювиальный горизонт».

С.В.Зонн (1963) описал эволюцию рендзин на Камчатке: «Заселение известняков начинается с травянистой растительности и образования фрагментарной дерново-карбонатной почвы. На второй стадии поселяются редкостоящие сосны. Почва переходит в дерново-перегнойно-карбонатную маломощную. В дальнейшем, под влиянием формирования сосняков-брусничников, происходит переход почвы в типичную перегнойно-карбонатную в той или иной степени выщелоченную в зависимости от мощности мелкоземистой толщи. Чем она мощнее, тем выщелоченность почвы больше. При увеличении ее мощности до 60-70 см почва может эволюционировать в бурую выщелоченную или оподзоленную, что связано с внедрением в сосняк ели. Однако эта стадия имеет разную продолжительность, увеличивающуюся от таежно-лесной к лесостепной зоне. И, наконец, следующая стадия – переход в зональную почву, подзолистую или серую лесную». Необходимо уточнить, что редкие сосны укореняются при наличии в карбонатной породе широких трещин, заполненных гумусированным мелкоземом.

Подводя итог этому обзору, можно сказать, что существование рендзин связано с выходами карбонатных пород. Их эволюция в зональную почву начинается с момента появления между породой и гумусовым горизонтом бескарбонатной прослойки мощностью

не менее 20-30 см. Оставалось неясным, откуда появляется эта прослойка. Формирование ее из примесей карбонатных пород требует выветривания слишком больших объемов карбонатных пород и значительной просадки рельефа, чего в природе не наблюдается. Да и скорость выветривания породы не может быть выше скорости гумусообразования.

Происхождение бескарбонатной прослойки.

При изучении механизма функционирования экосистем был описан процесс утилизации отходов их метаболизма путем биокристаллизации отторгнутых экосистемой «лишних» минеральных элементов, способных оказать токсическое воздействие на биоту. В экстремальных условиях средней тайги Восточного Забайкалья нам удалось проследить процесс накопления отходов метаболизма, начиная с первичных экосистем на «курумах» - обломках скальных пород. Процесс формирования перегнойно-карбонатной почвы начинается с зарастания обломков породы подушками ягеля, а завершается переходом в зональную мерзлотно-таежную почву, как в Якутии (Герасимов, 1965) и на Камчатке (Зонн, 1963).

Выходы карбонатных пород вначале заселяют лишайники, которые накапливают под слоевищем на поверхности обломков породы мелкозем отмершего органического вещества, при разложении которого сапротрофной биотой образуется масса минеральных элементов, доступных для питания высших растений. Гумификация и последующая биокристаллизация свободных элементов при их взаимодействии с органическими радикалами разлагающегося опада образует минеральный мелкозем, который постепенно разбавляет массу разлагающегося и гумифицированного опада, потом заполняет трещины и пустоты между обломками карбонатных пород, а после выхода накоплений на дневную поверхность погружает обломки породы и образует профиль рендзины.

Обилие в продуктах выветривания породы карбонатов способствует образованию устойчивых нерастворимых в воде гуминовых кислот, которые формируют зернистую структуру почвенного мелкозема. Минерализация гумуса почвенной микрофлорой создает обилие элементов минерального питания и стимулирует развитие высшей растительности, в результате на плодородном слое новой почвы формируется устойчивый фитоценоз. Рост наземной и подземной фитомассы увеличивает запасы гумуса и мощность почвенного горизонта до тех пор, пока в его нижней части не появится слой бескарбонатного суглинка 20-30 см, отделяющего этот горизонт от карбонатной породы. Бескарбонатный слой образуется в результате биокристаллизации «лишних» элементов, выделенных при минерализации гумусовых фракций, но не усвоенных фитоценозом (Гениш, 1973). По мере накопления мощности почвенного профиля он таким способом освобождается от избытка

карбонатов и постепенно накапливает массу бескарбонатного мелкозема, которая выходит за пределы профиля, отделяя почву от породы. После разрыва контакта между почвой и карбонатной породой ее прямое воздействие на процесс почвообразования прекращается и под влиянием климатических условий рендзина превращается в зональную почву.

На рисунке 6 схематически показан механизм нейтрализации потенциальной токсичности «лишних» элементов в цикле метаболизма экосистем путем их гумификации и кристаллизации. Живая биомасса по завершении жизненного цикла превращается в мортмассу (опад) и репродуктивную массу (плоды, семена, споры, зародыши). Репродуктивная масса становится новой биомассой в следующем поколении, а растительный и животный опад становится пищей сапротрофной биоты, которая выделяет в качестве отходов газы, растворы и коллоиды. Газы поглощаются лиственной растительностью, растворы – корнями, а коллоиды с неусвоенными фитогенными элементами образуют фульваты – первые легкие фракции гумуса. Устойчивая к разложению часть опада накапливается в форме лесной подстилки, которую использует в пищу почвенная мезофауна, способная разрушать устойчивые фракции мортмассы в своем пищеварительном тракте и выделять в качестве отходов минеральные копролиты. Часть выделенных при разложении подстилки минеральных элементов усваивается фитогенными элементами, а часть взаимодействует с органическими радикалами и синтезирует новые органо-минеральные соединения в форме гуматов, составляющих основу почвенного гумуса. Гумификация защищает биоту экосистемы от потенциальной токсичности неусвоенных фитогенными элементами свободных элементов и хранит их до востребования фитогенными элементами.

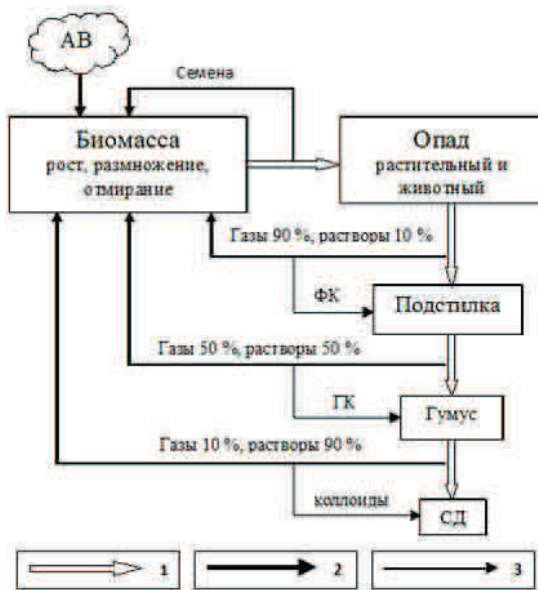


Рис. 6. Круговорот элементов и утилизация отходов метаболизма экосистемы.

Условные обозначения: 1. стадии превращения отмершей биомассы; 2. поступление веществ в биомассу; 3. утилизация свободных элементов, не усвоенных фитоценозом; АВ – атмосферные выпадения (аэрозоли, метеоритные вещества, продукты выветривания); ФК – фульвокислоты гумуса; ГК – гуминовые кислоты; СД – минеральные седименты.

Гумусовые фракции в свою очередь становятся пищей для почвенной микрофлоры, которая выделяет в качестве отходов связанные в гумусовых фракциях минеральные элементы. Часть элементов усваивает фитоценоз, а неусвоенная их часть подвергается биокристаллизации, и в форме глинистых кутан, железо-марганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов накапливается в органической массе почвы (Гениш, 1973). Так формируется минеральная основа почвенного профиля.

По мере накопления биокристаллической массы, она выходит за пределы гумусового горизонта и формирует подпочвенный горизонт С, который в результате накопления в геологическом масштабе времени превращается в слой осадочных пород. Именно эти внутренние седименты при их накоплении образуют «наносный песок» (Малевский, 1878), который разбавляет мортмассу и придает ранее липкой и вязкой рендине более благоприятные агрономические свойства и ту бескарбонатную прослойку, которая разрывает контакт гумусового горизонта с карбонатной породой. После накопления между почвой и породой бескарбонатного слоя 20-30 см рендина отрывается от прямого воздействия

карбонатной породы и под влиянием климатических условий превращается в зональную почву. Механизм утилизации отходов метаболизма экосистем логично объясняет образование суглинистой прослойки, с которой начинается эволюция рендзин в зональную почву. По мере накопления суглинистого материала эта прослойка превращается в горизонт С зональной почвы, а потом в слой осадочной породы.

Метаболизм экосистем представляет собой циклический процесс фазовых превращений живой и отмершей биомассы (экомассы). Фитоценоз синтезирует фитомассу из минеральных элементов. Животные превращают часть фитомассы в зоомассу. После отмирания биомассы почвенная биота превращает ее в минеральные элементы, необходимые растениям для фотосинтеза новой фитомассы. Продуктами минерализации отмершей биомассы являются газы, растворы и коллоиды. Основную их массу поглощает фитоценоз: газы листвой, а растворы корнями. Неусвоенные газы пополняют состав атмосферы, растворы – состав гидросферы, коллоиды в результате кристаллизации пополняют состав литосферы (Иванова, 1949).

Цикл метаболизма современных экосистем замкнут на 99% ее общей массы – экомассы (Марчук, Кондратьев, 1992; Горшков, 1995). Это означает, что отходы метаболизма в форме газов, растворов и коллоидов составляют 1% экомассы. Газы пополняют состав атмосферы, растворы – состав гидросферы, а коллоиды после их кристаллизации пополняют запас седиментов литосферы. Сначала они заполняют пространство внутри органической массы опада и подстилки в форме капролитов, глинистых кутан, железо-марганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов. Именно на этой ранней стадии рендзины проявляют свои негативные свойства (липкость, вязкость, растрескивание, по Мазановскому (1903). По мере накопления продуктов кристаллизации, они образуют минеральную основу почвенного профиля. Потом рост этих накоплений выходит за пределы гумусового горизонта, образуя подпочвенный горизонт С, а затем и слой осадочной породы. Степные и лесостепные экосистемы с черноземными почвами образуют в качестве отходов метаболизма слои лесса и лессовидных пород. Хвойные, смешанные и широколиственные леса с подзолистыми, серыми и бурыми лесными почвами откладывают плащи покровных суглинков, а тропические и субтропические леса с красноземами формируют мощные толщи латеритов (Личков, 1945).

В метаболизме экосистем процессы гумификации и кристаллизации играют жизненно важную защитную роль. Они нейтрализуют потенциальную токсичность «излишка» свободных элементов, выделенных почвенной биотой (педоценозом) из отмершей биомассы (моргмассы), но не усвоенных фитоценозом вследствие их избыточного количества. Гумус

хранит эти элементы в связанном состоянии временно, до их востребования фитоценозом. После минерализации гумуса часть элементов усваивает фитоценоз, а неусвоенная часть подвергается биокристаллизации в гелях почвенного раствора (Гениш, 1973). Синтезированные почвой в процессе биокристаллизации вторичные и первичные минералы, кутаны, железо-марганцевые и карбонатные конкреции выводят необратимо «лишние» минеральные элементы из биологического круговорота в геологический в форме седиментов осадочных пород. По мере накопления они сначала образуют минеральную фазу почвенного профиля, а затем, в результате дальнейшего накопления формируют подпочвенные горизонты С и образуют нормальный почвенный профиль АВС. Мощность седиментов постепенно увеличивается, все больше отделяя гумусовый горизонт стабильной мощности от подстилающей плотной породы, поднимая стабильный почвенный профиль вверх.

Начальные фазы развития почв на карбонатных породах в разных биоклиматических зонах формируют почти одинаковые профили рендзин - АС, а после появления бескарбонатной прослойки мощностью 20-30 см между породой и гумусовым горизонтом, они под влиянием местного климата и растительности постепенно превращаются в различные зональные почвы с нормальным профилем АВС.

Изложенное выше подтверждает вывод предшественников о том, что рендзины – временный почвенный тип, представляющий первые стадии освоения растительностью выходов карбонатных пород в разных природных зонах достаточного увлажнения. Рендзины превращаются в типичные зональные почвы после того, как между карбонатной породой и лежащим на ней гумусовым горизонтом появится прослойка бескарбонатной осадочной породы мощностью не менее 20-30 см.

Наши предшественники утверждали, что эта прослойка образовалась в результате выветривания массивной карбонатной породы путем накопления содержащихся в ее составе примесей. По нашим данным она образовалась в результате биосинтеза при утилизации и накопления отходов метаболизма экосистем путем их биокристаллизации и необратимого перехода из биологического круговорота в геологический. Иными словами, эта прослойка появилась не снизу от породы, как полагали почвоведы и геологи, а сверху от почвы, как выяснили экологи.

Память Белгородского чернозема.

Анализ глубокого разреза Белгородского чернозема показал, что средняя скорость накопления седиментов в экосистемах черноземных степей составляет 0,04 см/год или 40 см в 1000 лет. Это означает, что разделительная прослойка здесь могла образоваться в течение 1000 лет. Если предположить, что скорость седиментации в таежных экосистемах в 2 раза

меньше, а в тропических в 2 раза больше, чем в степных, то можно сказать, что в таежных экосистемах такая прослойка могла накопиться за 2000 лет, а в тропических за 500 лет. Остается выяснить сколько лет существовала рендзина от начала заселения примитивной растительностью карбонатных пород в разных природных зонах и сколько времени продолжался переход рендзины в зональную почву после появления разделительной прослойки. Это важно не только для рендзин, а для всех типов почв и экосистем, которые в процессе перманентной адаптации к меняющимся условиям среды изменяют свое таксономическое положение вслед за изменениями климатических условий и антропогенных воздействий, то есть подвергаются метаморфозу.

По существу, изучение генезиса рендзин позволило обнаружить общую для всех типов почв закономерность. В жизненном цикле не только рендзин, но и других типов почв, можно выделить четыре главные фазы развития: 1) почвообразование; 2) функционирование; 3) сукцессии; 4) метаморфозы. Почвообразование начинается с момента заселения горной породы примитивной растительностью (лишайниками, которым почва не нужна) и завершается формированием типичного профиля зональной почвы. Полнопрофильный чернозем или подзол формируется не сразу, для образования генетического профиля почв требуется определенное время, различное в каждой природно-климатической зоне. Как только мощность профиля достигла равновесия с местными климатическими условиями, начинается самая длительная и стабильная фаза – функционирование зонального профиля почвы в стационарном режиме без существенных изменений его свойств и признаков. Эта фаза продолжается в течение всего периода сохранения стабильного климата. Профиль зональной почвы сохраняет все свои признаки и свойства благодаря тому, что процессы его функционирования происходят с постоянной скоростью, которая контролируется климатическими, а точнее гидротермическими условиями. Органическая часть профиля почв постоянно обновляется с постоянной скоростью, благодаря равновесию поступления и разложения опада, а минеральная часть так же постоянно накапливается за счет поступления отходов метаболизма. Эта динамическая стабильность создает впечатление, что свойства и признаки почвы могут изменяться только в масштабе геологического времени. На этом принципе базируются все почвенные диагностические признаки и классификации. Стационарный режим функционирования зональных почв периодически прерывается сукцессионными циклами в результате нештатных стихийных и антропогенных воздействий. Однако через определенное время после прохождения стадий восстановления экосистема возвращается в исходное состояние и продолжает функционировать в стационарном режиме.

При смене климатических условий (оледенение, аридизация), или значительном антропогенном воздействии, например подтопление, распашка, мелиорация и т.п., начинается третья фаза – метаморфоз почвы в связи с ее адаптацией к новым изменившимся условиям среды. В результате метаморфоза меняется режим функционирования почвы и видовой состав биоты, в итоге зональная почва теряет прежние диагностические признаки и приобретает новые, то есть переходит в другой таксон классификации. В случае рендзин это означает их переход в окружающие зональные типы почв: подзолистые, серые и бурые лесные, красноземы. В случае обычных зональных почв это означает, например, переход черноземов в серые лесные при похолодании климата, в каштановые почвы при его потеплении или в лугово-черноземные почвы при подтоплении грунтовыми водами. Такие метаморфозы происходят при выходе гидротермических условий за пределы диапазона зонального климата.

Для отрыва от пород бескарбонатного типа вероятно потребуется прослойка иного состава и размера, но именно после отрыва от коренной породы начинает формироваться профиль зонального типа почвы, который мы фиксируем в разных почвенных классификациях (русской, американской, французской и т.д.), как будто почвы имеют национальность.

Сколько времени может существовать интразональная рендзина от начала заселения карбонатных пород примитивной растительностью до момента ее перехода в зональную почву сказать трудно, поскольку отсутствуют надежные реперы смены фаз развития. Однако уже сейчас можно приблизительно вычислить время необходимое для формирования разделительной прослойки 30-40 см, то есть время прохождения второй фазы - функционирования сформированного профиля рендзины до начала ее метаморфоза в зональную почву.

Анализ отложений Белгородского чернозема в течение голоцена (Керженцев, Остроумов, 2017) показал, что средняя скорость накопления седиментов в экосистемах черноземных степей составляет 0,04 см/год или 40 см в 1000 лет. Это означает, что разделительная прослойка здесь могла образоваться в течение 1000 лет существования рендзины, после чего она начала приобретать свойства зональной почвы. В других природных условиях должны быть другие скорости седиментации. К.Д.Глинка [4] отметил, что «в теплоумеренной зоне эти почвы описаны Драницыным для Северной Африки. По-видимому и в тропиках возможно ожидать образование рендзин, но они там вероятно довольно быстро превращаются в латеритные почвы».

Если предположить, что скорость седиментации в таежных экосистемах в 2 раза меньше, а в тропических в 2 раза больше, чем в степных, то окажется, что в таежных экосистемах такая прослойка могла накопиться за 2000 лет, а в тропических за 500 лет. Так же можно предположить, что первая фаза вдвое медленнее второй, а третья вдвое короче. Тогда получится, что в таежных экосистемах первая фаза длится 4 тыс. лет, вторая 2 тыс. лет, третья – 1 тыс. лет. А весь жизненный цикл рендзин продолжается 7 тыс. лет. В тропических экосистемах первая фаза длится 1 тыс. лет, вторая – 500 лет, а третья – 250 лет. А весь жизненный цикл рендзин в тропиках продолжается 1750 лет. Таким реальным масштабом времени следует исчислять период функционирования профиля типичных рендзин в таежных и тропических экосистемах. Но в геологическом масштабе времени происходят глобальные смены климата, которые вызывают смещение границ зональных экосистем: в периоды оледенения границы природных зон смещаются к экватору, а в периоды аридизации климата – к полюсам.

Изучение генезиса рендзин позволило обнаружить принципиально важные этапы жизни любой почвы, которые важны не только для рендзин, но и для всех зональных типов почв. В процессе перманентной адаптации к меняющимся гидротермическим условиям все почвы обязательно меняют свои свойства и свое таксономическое положение. Они в конкретных климатических условиях формируют структуру, которая позволяет им функционировать в оптимальном для биоты режиме. Поэтому антропогенные воздействия без учета механизма функционирования почв, приводят к их деградации. Для создания системы юридической защиты почв от потерь вследствие деградации необходимы знания механизма функционирования почв как непреходящих участников метаболизма экосистем, нужны знания закономерностей, которые регулируют этот механизм в живой природе. Накопленных знаний по морфологии, физико-химическим и даже биологическим свойствам почвы для этого явно недостаточно. Почва – это живой педоценоз, биологический реактор, выполняющий в метаболизме экосистем важнейшую функцию катаболизма – диссимиляции отмершей биомассы в минеральные элементы, необходимые фитоценозу для производства фитомассы. Кооперация трех групповых симбионтов (фитоценоз, зооценоз и педоценоз) создала общий для них цикл метаболизма, замкнутый на 99%, который обеспечивает практически «вечное» существование экосистем.

Почвы на двучленных породах широко распространены на европейском Северо-Востоке РФ (Каверин Д.А., 2004; Колеватых Б.А., 2010). Они представлены разновидностями подзолистых профилей, залегающих на двучленных породах разного гранулометрического

состава, как правило, верхний слой легкого, а нижний тяжелого мехсостава (пески-супеси на средних и тяжелых суглинках). Тяжелый нижний слой представлен маренными отложениями, а легкий верхний слой наносными песками неясного генезиса. С позиции механизма функционирования экосистем двучленность пород объясняется как результат смены на данной территории типов экосистем и почв при изменении климата, Есть даже возможность определить приблизительно время этой смены.

Выше было сказано, что скорость седиментации осадочных пород в черноземно-степной зоне составляет 0,04 см/год или 40 см за 1000 лет. Для таежных экосистем мы уменьшили эту скорость в два раза – 0,02 см/год или 20 см в 1000 лет. Следовательно, верхний слой супеси отложили современные подзолы и подзолистые почвы под современными хвойными лесами. Мощность 60-80 см они могли накопить в течение 3-4 тысяч лет. Значит изменение климатической обстановки на данной территории произошло 3-4 тысячи лет назад. До этого на поверхности ледниковой морены могли существовать подушки ягеля. Если в будущем найдутся более надежные реперы временных изменений, они помогут уточнить скорость седиментации пород.

Самыми молодыми почвами в этом регионе следует считать иллювиально-железистые подзолы, сформированные на элюво-делювии глинистых сланцев. Полный современный профиль 30-40 см они могли накопить за период 1,5-2,0 тыс. лет при скорости седиментации 0,02 см/год. Скорость их формирования могла быть гораздо меньше средней, например, 0,01 см/год или 10 см в 1000 лет, поэтому увеличив соответственно время формирования почвенного профиля до 3-4 тыс.лет, получим ту же мощность отложений 30-40 см.

Конечно, гораздо надежнее было бы установить скорость седиментации на основании каких-то реальных реперов времени, как в Белгородском черноземе. Это позволило бы определить время существования современных почв (возраст) в разных климатических зонах путем измерения мощности слоя седиментов от поверхности почвы до границы подстилающей породы, то есть по мощности слоя «материнской почвообразующей» породы, которая по определению Б.Л.Личкова является дочерней почвообразованной породой. Однако почвоведы и геологи до сих пор увлечены проблемой седиментации как процесса разрушения горных пород и считают гипотезу образования седиментов в результате выветривания единственно верной, отрицая даже возможность их биосинтеза. В то же время они согласны с тем, что в природе строго уравновешены процессы синтеза и распада и часто повторяют слова В.И.Вернадского о гранитной оболочке как о продукте былых биосфер.

Измерение мощности слоя подпочвенных седиментов до уровня подстилающей породы позволит определить время существования каждого типа почв на данной территории.

Однако этот период придется разделить на три этапа по скорости седиментации: 1) фаза образования зонального почвенного профиля со скоростью 0,01 см/год; 2) фаза стационарного функционирования сформированного профиля зональной почвы со скоростью 0,02 см/год; 3) фаза метаморфоза исходной почвы в новый тип зональной почвы, соответствующий новому типу климата, со скоростью 0,03 см/год. Со временем эти скорости можно будет уточнить и скорректировать время жизни почв. Расчеты времени жизни современных почв позволят определить время жизни почв далекого прошлого, оставивших свои следы в виде слоев осадочных пород.

В последние десятилетия появилась надежда на активизацию изучения участия экосистем в формировании осадочных пород в виде нового направления геологической науки – биоминералогии, которая уже доказала, что всем известные строматолиты образовались в результате жизнедеятельности циано-бактериальных матов. Но если примитивные экосистемы, в форме тонкой биологической пленки оставили такие яркие следы в геологической истории Земли, то нормальные полноразвитые экосистемы биосферы должны оставить более существенные и хорошо заметные следы. Именно такими следами являются слои осадочных пород самого разного состава, отложенные в процессе существования экосистем разного типа, которые когда-то функционировали в конкретных климатических условиях. Об этом очень подробно написал Б.Л.Личков (1945) при активной поддержке В.И.Вернадского.

Многие динамические процессы, происходящие на Земле, можно объяснить процессами биоседиментации и метаморфоза осадочных пород как отходов метаболизма функционирующих в разное время экосистем биосферы. Мощь биологического фактора давно общеизвестна, но в геологии она считается фактором разрушения, а не созидания. Изучение состава и мощности слоев «почвообразующих» пород и определение скорости их седиментации, может дать твердые ответы на спорные вопросы геологической истории. Каждая почва рождает свой тип осадочной породы, и если в геологическом разрезе мы обнаружим на какой-то глубине слой лесса, это будет означать, что в те далекие времена на данном участке Земли существовала степная экосистема в соответствующем климате и отложила седименты подобные современным лессам. Мощность слоя позволит вычислить время седиментации данного слоя и установить точные даты начала и окончания периода изменений климата Земли.

Почвы высоких отрогов Тиманского кряжа (Колеватых, 2010) сформировались на элюво-делювии сланцев и накопили профиль мощностью 30-40 см. Это значит, что при

скорости седиментации 0,01 см/год они существуют всего 3-4 тыс. лет. Это их реальный возраст.

Подзолы на песках и супесях, подстилаемых с 40-80 см коренными суглинками и глинами без признаков педогенной трансформации. Эти почвы появились раньше 4-8 тыс. лет назад, когда высокие отроги Тиманского кряжа были еще скальными породами.

Мощность покровных суглинков редко превышает 3-4 м, чаще 1,5-2,0 м. Это означает, что их толща накопилась в течение 1,5-2,0 тыс. лет, реже в течение 3-4 тыс. лет. В Вятском Прикамье мощность покровного плаща на вершинах водоразделов 1-3 м, реже 8-10 м. Здесь тоже время накопления плаща покровного суглинка не превышает 1-3 тыс.лет. Что касается мощных слоев 8-10 м, то с большой долей вероятности можно сказать, что они накопились в пониженных элементах рельефа за счет денудации седиментов со склонов.

Каштановые почвы Северного Прикаспия залегают на отложениях глин мощностью 5-7 м, на подошве этого слоя находится горизонт грунтовых вод. Следовательно, местные почвы существуют здесь около 5 тыс.лет и в течение этого периода здесь не происходило экологических аномалий и катастроф.

Приведенные выше предварительные расчеты показали, что современный почвенный покров существует в том виде, который изображен на почвенных картах, не более 5-6 тыс. лет. Чтобы узнать, как он выглядел раньше, необходимо изучить состав и мощность подстилающих пород, которые отложены предшествующим почвенным покровом. Но это будет возраст уже других типов почв, с другими свойствами.

Там где современные почвы залегают на элювии плотных пород, раньше были голые скалы, еще не освоенные растительностью. Там, где современные почвы подстилаются песками и супесями раньше существовали горные массивы, которые подверглись механическому выветриванию в суровых условиях полярных или аридных пустынь. Там, где пески и супеси подстилаются глинами, ранее могли быть болота, а там где сейчас покровные суглинки – были серые лесные или дерново-подзолистые почвы. Лессы и лессовидные суглинки отложили степные экосистемы с черноземами, а красноцветные латериты отложили экосистемы тропических лесов. Этот календарь природы, зашифрованный в разноцветных слоях седиментов, предстоит еще изучить во всех деталях, чтобы уверенно с высокой точностью до сотни лет читать любые стратиграфические колонки, вскрытые геологическими разрезами и скважинами.

На основе упомянутых выше предположений и предварительных расчетов нами составлена таблица жизненного цикла рендзин в разных биоклиматических зонах. Три фазы жизненного цикла характерны не только для рендзин, они присутствуют во всех зональных

типах почв, просто на карбонатных породах эти фазы ярко выделяются. Фаза 1. Формирование зонального профиля почв, которую можно назвать почвообразованием. Фаза 2. Функционирование зонального профиля почв в стационарном режиме, которая характеризует повседневную жизнь сформированной почвы. Фаза 3. Метаморфоз почвенного профиля при смене климатических условий или антропогенных воздействий, которая характеризует переход одного типа почвы в другой. Фаза сукцессии восстанавливает нарушенное равновесие зональных почв в любое время, поэтому стоит вне этого ряда. Скорость седиментации возрастает от 1 до 3 фазы во всех природных зонах, от северной тайги до тропических гилей. Конечно, эти предварительные расчеты будут уточняться на основе реальных измерений. Но даже на основе этих предварительных расчетов можно говорить более уверенно о реальном масштабе времени развития почв, в отличие от общепринятого геологического масштаба.

**Жизненный цикл профиля рендзин
и продолжительность существования каждой его фазы**

Таблица

Природная зона	Фаза 1			Фаза 2			Фаза 3			Жизненный цикл почвы лет
	Гор.А, см	Скор., см/год	Время, лет	Гор.А, см	Скор. См/год	Время, лет	А, см	Скор, см/год	Время, лет	
Сев. и сред. тайга	30	0,01	3000	30	0,02	1500	30	0,03	1000	5500
Южная тайга	50	0,02	2500	50	0,04	1250	50	0,05	1000	4750
Лесостепь	60	0,03	2000	60	0,06	1000	60	0,07	860	3860
Горы умер.	40	0,06	660	40	0,12	330	40	0,134	300	1290
Субтропики	60	0,07	860	60	0,14	430	60	0,15	400	1690
Тропики	70	0,08	880	70	0,16	440	70	0,17	410	1730

Миллионы лет для геологических пород нормальный масштаб, но для почв он не приемлем. Почва в составе экосистемы функционирует в годовом и многолетнем цикле, который измеряется десятками и сотнями лет. А жизненный цикл почвенного покрова данной территории может измеряться десятками и сотнями тысяч лет при условии стабильности климата. В таком же масштабе времени происходит седиментация осадочных пород. Слои осадков в миллионы лет сомнительны. Они могли отложиться миллионы лет назад, однако время отложения каждого конкретного слоя измеряется тысячелетиями. За миллион лет экологическая обстановка могла кардинально измениться несколько раз и каждый раз под ее влиянием должен изменяться тип экосистем, а вместе с ним и состав отложенных седиментов.

3.2. Скорость метаболизма экосистем биосферы.

В августе 2016 года в Белгороде состоялся У11 съезд Общества почвоведов им. В.В.Докучаева, для участников которого в ходе прекрасно оформленной полевой экскурсии был продемонстрирован уникальный почвенный разрез белгородского чернозема глубиной 650 см. Уникальность этого разреза (рис.7, Путеводитель, 2016) состоит в том, что на трех стенках вскрытой толщи глубиной 650 см ясно обозначена граница между окончанием последнего Осташковского оледенения и началом периода голоцена. Она проходит на глубине 420 см. Это означает, что слой осадка мощностью 420 см отложился за истекшие 10-12 тыс. лет периода голоцена со средней скоростью седиментации 0,04 см/год или 40 см в 1000 лет.



Рис. 7. Глубокий разрез в урочище "Ямская степь" заповедника Белогорье. (Путеводитель, 2016).

На стенке разреза ясно различаются этапы последовательных смен состава осадка, которые соответствуют сменам климатических условий по мере отступления ледника и его холодного шлейфа (Берг, 1913, 1950). Этапы отступления ледника отразились в смене минералогического и гранулометрического состава слоев, отложенных разными типами почв

и экосистем, которые сменяли друг друга вслед за сменой климатических условий на данной территории при постепенном ослаблении влияния отступающего ледника.

По мере отступления ледника и улучшения климатических условий возрастала интенсивность функционирования местных экосистем, а вместе с ней и скорость седиментации осадка. К моменту образования здесь экосистем черноземных степей скорость седиментации достигла 0,04 см/год. С такой скоростью были отложены слои лессовых пород степными и лесостепными экосистемами общей мощностью 260 см в течение последних 6500 лет. Предшествующий слой мощностью 60 см (260-320 см) накопили экосистемы южной тайги со скоростью 0,03 см/год в течение 2000 лет. Под ним залегают слои 100 см (320-420 см), который сформировали экосистемы средней и северной тайги со скоростью 0,02 см/год в течение 5000 лет от самого начала периода голоцена. Этот этап седиментации продолжался 13500 лет.

До начала голоцена на этой территории существовали криогенные экосистемы тундр и болот под непосредственным воздействием ледника. Они накопили слой специфических седиментов мощностью 180 см (420-600см) со скоростью 0,01 см/год в течение 18000 лет. Самый нижний слой 50 см (600-650 см), вскрытый разрезом, желтый песок с валунами, потерявшими внутреннюю прочность, образовался со скоростью 0,05 см/год за 10 тыс. лет в результате механического выветривания скальных пород в суровых условиях полярной пустыни, которые создал ледниковый покров.

По нашим расчетам, вся вскрытая разрезом осадочная толща сформировалась на территории Ямской степи за счет седиментации отходов метаболизма последовательно сменявших друг друга экосистем по мере отступления последнего Осташковского оледенения в течение 41500 лет. Дальнейшие исследования позволят уточнить скорости седиментации осадочных пород разными типами экосистем и время накопления осадочных слоев разного состава, однако порядок цифр, характеризующих ритмику накопления осадочных пород как отходов метаболизма экосистем, вряд ли значительно изменится. Экосистемы и их почвы развиваются в реальном, а не в геологическом масштабе времени. Они могут существовать бесконечно долго с неизменной мощностью почвенного профиля при постоянном обновлении органического вещества в условиях стабильного климата. Постоянное накопление седиментов в подпочвенном горизонте С будет постепенно поднимать вверх стабильный почвенный профиль. Изменение климата изменит тип экосистем и почвенного профиля, и как следствие изменится тип седиментов и скорость их осаждения.

Анализ вскрытого профиля чернозема показал, что черноземные степи и лесостепи появились на территории урочища Ямская степь 6500 лет назад и успели отложить за этот период лессовую толщу мощностью 260 см, которая в настоящее время продолжает нарастать со средней скоростью 0,04 см/год, поднимая вверх обновляемый с постоянной скоростью, а потому имеющий стабильную мощность гумусовый профиль чернозема [Личков, 1945; Ковда, 1971; Ковда и др., 1990]. Скорость седиментации осадочных пород разными типами экосистем может отличаться от показанной выше, однако даже эти предварительные расчеты с учетом средней скорости позволяют однозначно ответить на ряд дискуссионных вопросов: 1) осадочные породы на материковых равнинах образуются в результате естественных процессов утилизации отходов метаболизма экосистем путем биокристаллизации; 2) благодаря накоплению массы подпочвенных седиментов, почвы растут вверх, сохраняя стабильную мощность постоянно обновляемого генетического профиля; 3) погребенные объекты погружаются в толщу осадочных пород по мере их накопления со средней скоростью 0,04 см/год или 40 см за 1000 лет. Эти выводы можно проверить и уточнить на основе данных многочисленных археологических раскопок с документальными реперами времени захоронений.

Образование седиментов заложено в механизме функционирования экосистем (Керженцев, 2017), как способ утилизации отходов метаболизма (рис.6). Цикл метаболизма экосистем замкнут на 99% (Горшков, 1995), потери метаболизма составляют 1% общей массы вещества экосистемы – экомассы. Эти потери компенсируются атмосферными, в том числе метеоритными выпадениями, космической пылью и продуктами выветривания горных пород. Основная масса вещества экосистемы вращается многократно в цикле метаболизма благодаря многоступенчатому процессу синтеза-распада органической массы. В.Р.Вильямс (1949, с.492) очень точно сформулировал сущность цикла метаболизма: «Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного - заставить его вращаться по замкнутой кривой». Экосистема создала именно такой цикл метаболизма, который мизерные потребности минерального вещества превращает в постоянно обновляемый, а потому бесконечный ресурс. Отмершая биомасса в форме опада поступает в почву, где почвенная сапротрофная биота (педоценоз) превращает ее последовательно в слою подстилки, фракции гумуса и наконец в минеральные седименты (глинистые кутаны, железомарганцевые и карбонатные конкреции, вторичные и первичные минералы). Фитоценоз усваивает атмосферные выпадения и часть элементов, выделенных педоценозом (рис.1). «Лишние», потенциально токсичные свободные элементы подвергаются утилизации с помощью гумификации и кристаллизации. Гумификация временно нейтрализует свободные

элементы, превращая их с помощью свободных радикалов разлагающейся мортмассы в устойчивые органоминеральные соединения почвенного гумуса.

Гумус хранит минеральные элементы до их востребования фитоценозом. Растения с помощью корневых выделений провоцируют вспышку численности почвенной микрофлоры, которая быстро «съедает приманку» и переключается на питание гумусом, выделяя нужные фитоценозу минеральные элементы. Биокристаллизация необратимо связывает прочной кристаллической решеткой свободные элементы, выделенные при минерализации гумуса, но не усвоенные фитоценозом, и безопасно для биоты складировать их в литосфере.

В биологическом круговороте биомасса постоянно обновляется путем синтеза-распада отмершей биомассы (мортмассы), а минеральные отходы столь же постоянно накапливаются, образуя в геологическом масштабе времени слои осадочных пород. Каждый тип экосистем создает свой тип осадков: степные экосистемы отлагают лессы, лесные экосистемы умеренного пояса – покровные суглинки, тропические и субтропические лесные экосистемы – латериты. Эта сопряженность проявляется в географической зональности «почвообразующих материнских» пород, которые, по мнению Б.Л.Личкова, (1945) являются на самом деле почвообразованными дочерними породами.

При отклонении климатических условий от зонального диапазона меняется режим функционирования экосистем, который приводит к изменению их структуры и таксономического положения. Например, повышение годовой суммы осадков может превратить настоящие степи с типичными черноземами в луговые степи с выщелоченными и даже оподзоленными черноземами, а понижение суммы осадков может превратить их в сухие степи с обыкновенными и даже южными черноземами.

Наиболее благоприятными сочетаниями гидротермических условий, обеспечивающих максимальную скорость метаболизма экосистем являются: постоянная температура около 30⁰С и постоянная влажность почвы около 60% НВ. В таких условиях существуют гилеи – экосистемы дождевых тропических лесов с их максимальной скоростью метаболизма, биомассой и видовым разнообразием. Они не образуют запасов подстилки и гумуса, вся отмершая биомасса (опад) очень быстро разлагается почвенной биотой и усваивается богатейшим растительным покровом. В отходы метаболизма поступают железо, алюминий, кремнезем, из которых состоят латериты. Изменение ресурсов тепла и влаги как в большую, так и в меньшую сторону от этого диапазона снижает скорость метаболизма, биомассу и видовое разнообразие экосистем. Крайними являются экосистемы холодных и жарких пустынь, где механическое выветривание скальных пород создает обширные песчаные массивы, а также болота, на дне которых медленно образуется и накапливается глинозем.

Высокое содержание гумуса в профиле черноземов обусловлено специфическим режимом их функционирования – периодической сменой восстановительных и окислительных условий. Ранневесеннее и позднее осеннее переувлажнение профиля почвы создает восстановительные условия, повышает растворимость вещества и пропитывание им всей зоны промачивания. Летнее и зимнее иссушение профиля создает окислительные условия и миграцию веществ к испаряющей поверхности или к фронту промерзания. Испарение происходит не только с горизонтальной дневной поверхности, но так же во внутрипочвенные пустоты (трещины усыхания, ходы землероев и корней, жилища насекомых и т.п.), где окислы выпадают в осадок, образуя конкреции. А в верхней части профиля окислы железа и карбонаты взаимодействуют с органическими радикалами разлагающейся биомассы и образуют гумус гуматного состава. Медленное разложение гуматных фракций растягивает мощность органического профиля почвы до состояния гомеостаза, когда приход мортмассы равен ее расходу (минерализации) при данном сочетании гидротермических условий. Смена гидротермического диапазона меняет режим функционирования экосистем, а новый режим меняет структуру почвенного профиля, что означает метаморфоз почвы или ее переход в другой таксон классификации.

С позиции метаболизма экосистем можно объяснить генезис «загадочных» покровных суглинков (Соколов, 1997; Колеватых, 2010) и почв на двучленных породах (Каверин, 2004). По составу осадка можно определить, какой тип экосистем его отложил, а по мощности слоя можно вычислить период времени, в течение которого он отложился.

По мнению В.И.Вернадского [цит по А.В.Лапо, 1987, С. 140]: «Количество биогенного вещества, переходящего в ископаемое состояние, очень невелико по отношению к годичной продукции живого вещества. У углерода, например, оно составляет для биосферы в целом 0,05%, для Мирового океана – 0,4% (0,7% для подводных окраин и 0,1% для пелагиали). Такого рода ничтожные доли вещества, ускользающего из биологического круговорота благодаря переходу в ископаемое состояние, слагают биогенное вещество метабиосферы».

В.И.Вернадский [1980, с.215] подчеркивал: «Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массой биосферы, то биогенные породы (т.е. созданные живым веществом) составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явление метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходя из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер».

Действительно масса отходов метаболизма экосистем несравнимо мала по отношению к величине экомассы – суммы живой и отмершей биомассы. Но экомасса обновляется с постоянной скоростью за счет поступления новых порций опада и процессов его разложения, сохраняя состояние гомеостаза - постоянного равновесия с данными климатическими условиями, то есть в неизменном состоянии, а мизерная масса отходов столь же постоянно накапливается и в геологическом масштабе времени образует пласты осадочных пород. Поэтому возраст почвы можно вычислить по мощности слоя отложенных данной экосистемой отходов метаболизма, то есть по мощности подпочвенного горизонта С, которая почвоведов мало интересует.

В Белгородском разрезе уникальной является и его нижняя часть с четко выраженными характерными признаками криогенеза (420-600 см): полигональная структура, морозобойные трещины, заполненные гумусированным мелкоземом (рис.7), Особый интерес представляет основание разреза 600-650 см, которое представлено песчаными отложениями с округлыми светлыми пятнами размером 20-40 см. Этот песчаный слой образовался в результате механического выветривания скальных пород под непосредственным воздействием ледника. Светлые округлые пятна на дне разреза представляют собой выветрелые валуны, образованные из обломков скальных пород на месте залегания и обкатанные под влиянием криогенных процессов - криотурбаций. Вследствие изоморфного замещения в них зерен породообразующих минералов продуктами внутрипочвенного аутигенного минералогенеза их механические свойства существенно изменились. В результате при сохранности формы валуны потеряли прочность изначальных кристаллических пород и приобрели наблюдаемое в разрезе рыхлое сложение. В почвенных разрезах восточного Забайкалья мы многократно вскрывали подобные валуны биотитового гранита разной размерности (от 10-20 до 40-60 см), которые сохраняли внутреннюю структуру и внешний облик, но легко разрезались ножом и лопатой. Криогенные условия (тиксотропия, высокая влажность и резкие колебания температур) выпучивали на дневную поверхность засыпанные рыхлыми отложениями крупные обломки скальных пород, придавая им округлую форму. Часть валунов, которые остались на глубине после отступления контрастных климатических условий криогенеза потеряла внутренние связи минералов в структуре гранита. Валуны размером 40-60 см обнаруженные на глубине 100-150 см в почвенных разрезах черноземов в долине р. Шилка в районе г.Нерчинска, сохраняли форму и внутреннюю структуру валуна биотитового гранита, но легко разрезались ножом и лопатой. Разрушение внутренней связи минералов гранита происходило после отступления условий активного криогенеза. (Рис.8).



Рис.8. «Классические» границы распространения древних покровных оледенений на территории Восточно-Европейской платформы (Лаппо, 1987):

- Ок-Ок – предполагаемая граница окского оледенения;
- D-D – граница распространения днепровского оледенения;
- M-M – граница распространения московского оледенения;
- K-K – граница распространения валдайского оледенения;
- Ost – граница распространения осташковского оледенения.

На территории «Ямской степи» активный криогенез мог быть в периоды Окского и Днепровского оледенений, когда край ледника находился в непосредственной близости. Постепенное отступление фронта Днепровского оледенения до границ Московского, Валдайского и Осташковского оледенений (рис.8) создавало благоприятные условия для

перемещения природных зон с юга в высокие широты. Сначала здесь могли сформироваться экосистемы полярных пустынь, потом тундровые и лесотундровые экосистемы с мощными торфяниками, которые образовали гигантские залежи железных руд (КМА). При дальнейшем отступлении ледника здесь сформировались экосистемы хвойных, а затем хвойно-широколиственных лесов. Только после полного схода Осташковского оледенения и установления климатического оптимума здесь сформировались лесостепные, а затем степные экосистемы, которые господствуют на данной территории в настоящее время и в течение 5-6 тысяч лет сформировали толщу лессовидных суглинков мощностью 260 см. Таким образом, почвы Ямской степи в периоды Окского и Днепровского оледенений развивались в условиях климата перигляциальной области, и в них активно протекали криогенные процессы.

Слой 600-420 см также формировался в условиях активного криогенеза (Фото-3). Об этом свидетельствуют округленные очертания полигональных блоков и заполненные органическим веществом полигональные трещины. Обилие погребенного органического вещества может быть результатом накопления торфа торфяно-болотными почвами. По данным болотоведов (Елина и др., 1984) накопление торфа происходит со скоростью 0,3 – 0,15 мм/год. В процессе метаболизма болотных экосистем торф превращается в сапрпель, а сапрпель в глей – минеральную массу глинистого мехсостава (оглинивание). Если принять минимальную скорость прироста торфа 0,15 мм/год, а его превращения в сапрпель и глей 0,1 мм/год, то можно предположить, что слой 180 см (600-420 см) мог накопиться в течение 18000 лет. Началось его накопление 28500 лет назад и завершилось 10500 лет назад, когда начался период голоцена. Вполне возможно, что именно этот углерод, пройдя несколько циклов метаболизма разных типов экосистем, оказался в составе гумуса верхних горизонтов современного чернозема, возраст которых оказался равным по радиоуглеродной датировке 25-28 тыс. лет.

Самые нижние 50 см профиля (650-600 см) накапливались с гораздо меньшей скоростью в процессе механического выветривания скальных пород в суровых условиях арктического климата. Скорость накопления песчаного материала в результате механического разрушения обломков скальных пород должна быть на порядок меньше скорости накопления глея в болотных экосистемах, то есть 0,01 мм/год. Поэтому можно считать, что вскрытый горизонт – мощностью 50 см накапливался в течение 50000 лет, а данный разрез демонстрирует процесс формирования толщи осадков на протяжении 50 тысяч лет.

Еще один глубокий раскоп в сходных условиях в Воронежской области на второй террасе р.Дон описан в статье Б.Ф.Апарина и др. (2011). Общая мощность вскрытой толщи осадочных пород 436 см. Авторы выделяют в этой толще четыре свиты горизонтов, образующих седиментационные комплексы: СК-IV мощностью 229 см; СК-III: 229-351 = 122 см; СК-II: 351-425 = 74 см; СК-I: 425-436 = 11 см. Расчет времени седиментации проведен по аналогии с раскопом Белгородского чернозема (2016). Слой верхнего седиментационного комплекса К-IV мощностью 229 см накопили в процессе утилизации отходов метаболизма степные экосистемы со средней скоростью 0,04 см/год или 40 см в 1000 лет в течение 5725 лет. Слой СК-III мощностью 122 см отложили экосистемы южной тайги со скоростью 30 см в 1000 лет в течение 4066 лет. Слой СК-II мощностью 74 см отложили экосистемы средней тайги со скоростью 20 см в 1000 лет за 3700 лет. Самый нижний слой СК-I, открытый всего на 11 см откладывался экосистемами северной тайги и лесотундры со скоростью 10 см в 1000 лет в течение 1100 лет. В итоге вся вскрытая толща седиментов отложилась в течение 14591 года. Поскольку в данном раскопе отсутствуют яркие признаки криогенеза, как в Белгородском черноземе, то можно предположить, что вся толща отложилась в период голоцена после отступления ледника.

Приведенные расчеты не претендуют на точность датировок накопления слоев седиментов, для этого нужны более тщательные и точные измерения. Однако, они позволяют представить последовательность основных событий, сформировавших почвенно-осадочную толщу участка Ямская степь и археологического памятника «Костенки-1». На этих примерах мы пытались показать механизм накопления седиментов осадочных пород как отходов метаболизма экосистем и подтвердить правомерность гипотезы Б.Л.Личкова, Н.А.Богословского, Л.С.Берга, С.С.Неуструева, П.С.Коссовича, Р.С. Ильина о почвенном происхождении некоторых осадочных пород (лессов, покровных суглинков, латеритов) на плакорных участках водораздельных ландшафтов, исключая денудацию и переотложение осадков.

Геологи уже доказали, что строматолиты образовались в результате жизнедеятельности циано-бактериальных матов (Кузнецов, 2015). Им осталось сделать следующий шаг и доказать, что современные экосистемы оставляют более существенный след в геологической истории Земли в виде характерных для каждой экосистемы слоев осадочных пород. Морские осадки легко идентифицируются по захоронению раковин моллюсков. Время континентальных отложений определяется по отпечаткам листьев растений, насекомых, микроорганизмов, сохранившимся в метаморфических породах в разных регионах планеты на разной глубине от земной поверхности. В этих находках много

случайностей, неопределенностей, однако по ним датируются целые эпохи геологической истории на разных континентах.

Было бы гораздо проще определить возраст каждого слоя осадков по химическому, минералогическому и механическому составу. Но для этого необходимо провести большую предварительную работу. Прежде всего надо более тщательно изучить образование современных седиментов в горизонтах С почв типичных экосистем мира, на что почвоведы почти не обращают внимания. Надо узнать каким образом отмершая биомасса превращается в почвенный гумус горизонта А, и как последний в результате минерализации превращается в горизонт В, который в результате биокристаллизации становится горизонтом С современных почв, то есть превращается в осадочную породу. Эти превращения нуждаются в количественной оценке, только тогда они позволят читать конкретное геологическое обнажение как календарь природы, записанный в виде разноцветных слоев стратиграфической колонки. При этом состав и даже цвет слоя укажут на тип почв и экосистем, которые существовали здесь в определенных климатических условиях и отложили этот слой, а мощность слоя с высокой точностью определит продолжительность периода, в течение которого данный слой седиментов отложился. Кроме того, в стратиграфической колонке отчетливо видна последовательность смены типов предшествующей и последующей экосистем и время их существования. Геологические обнажения, разрезы и скважины станут более информативными источниками надежной информации о динамике природных экосистем и глобального климата.

Классический пример формирования чернозема на стенах Староладожской крепости приведен самим В.В. Докучаевым. Но при его описании главное внимание уделено мощности гумусового горизонта, а его минеральная основа не рассматривалась. Практика почвоведения уже накопила множество примеров формирования современных почв на отвалах горных пород, сформировало новое направление – археологическое почвоведение, изучающее погребенные почвы. Однако представление о почве как геологической породе, преобразованной факторами почвообразования продолжает господствовать в почвоведении и заглушает попытки представить почву как живую систему – педоценоз, который обладает всеми свойствами живого природного объекта. Попытки представить изучение водного и температурного режимов почвы в качестве ее функционирования несостоятельны, поскольку температура и влажность почвы являются факторами, которые управляют механизмом функционирования почвы, при этом сам механизм функционирования отсутствует, его параметры пока неизвестны, их никто не изучает. Частично отвечают механизму

функционирования почвы режим газовой эмиссии почв и режим лизиметрических вод, которые изучаются отдельно без взаимной связи.

Новая парадигма – почва как незаменимый компонент биосферы и каждой ее экосистемы, которую выдвинул и обосновал еще в 1968 году В.А.Ковда (1971), была одобрена X-м Конгрессом почвоведов в 1974 г., но до сих пор не признана, хотя и не отвергнута почвоведом. Поэтому чиновники легко отражают попытки почвоведов продвинуть в Госдуме Федеральный Закон об охране почв от их отчуждения, загрязнения и деградации. Самые продвинутые из них прямо заявляют: «Мы знаем, что почва – это геологическая порода, преобразованная пятью факторами почвообразования. Мы видим, что геологических пород у нас вполне достаточно, а все пять факторов имеются в наличии. Поэтому мы не видим причин для беспокойства, нам достаточно Земельного кодекса в его сегодняшней редакции». Но в этом Кодексе нет даже термина «Почва», он оперирует термином «Земля», что далеко не одно и то же.

Земля – это пространственный ресурс для размещения хозяйственных объектов, путей сообщения и т.п., а почва – это живое вещество – педоценоз, биологический реактор, который перерабатывает отмершую биомассу в минеральные элементы, необходимые фитоценозу. Тройственный симбиоз фитоценоза, зооценоза и педоценоза сформировал экосистему, функционирующую автономно за счет обмена симбионтов отходами жизнедеятельности. Метаболизм экосистемы избавил ее участников от энергетических затрат на поиск и добывание пищевых ресурсов, каждый получает их от партнеров в форме отходов в обмен на собственные отходы.

Метаболизм экосистемы не только обеспечивает компонентов пищевыми ресурсами, он решает еще одну жизненно важную функцию – утилизацию отходов жизнедеятельности. Поскольку порядок потребления элементов в процессе фотосинтеза не совпадает с порядком их высвобождения при деструкции мортмассы, образуются «лишние» элементы, способные при накоплении оказать токсическое воздействие на биоту экосистемы. Свободные элементы взаимодействуют с органическими радикалами разлагающейся мортмассы, образуя устойчивые органо-минеральные соединения с общим названием – гумус, который хранит химически связанные элементы до их востребования фитоценозом. Растения, испытывающие дефицит минерального питания с помощью корневых выделений провоцируют вспышку численности прикорневой микрофлоры, которая быстро «съедает» приманку и переключается на гумус, высвобождая из него минеральные элементы. Растения поглощают только нужную им в данный момент часть освобожденных из гумуса элементов. Невостребованные фитоценозом и потенциально токсичные элементы подвергаются

биокристаллизации и в форме глинистых кутан, железо-марганцевых и карбонатных конкреций, вторичных и первичных минералов пополняют минеральную основу почвенного профиля, которая со временем накапливает слои осадочных пород.

По мере накопления осадков, они погружаются вглубь земной коры и под влиянием высоких давлений и температур превращаются в метаморфические породы (песчаники, сланцы, алевролиты и др.). Дальнейшее погружение их в мантию Земли переплавляет их в магматические породы, которые выносятся тектоническими процессами на земную поверхность в виде горных хребтов. Этим завершается цикл геологического круговорота и подтверждается фраза В.И.Вернадского о том, что гранитная оболочка – это область былых биосфер. «Земная кора захватывает в пределах нескольких десятков километров ряд геологических оболочек, которые когда-то были на поверхности Земли биосферами. Это биосфера, стратисфера, метаморфическая (верхняя и нижняя) оболочка, гранитная оболочка. Происхождение их всех из биосферы становится нам ясным только теперь. Это былые биосферы» (Вернадский, 1987, с. 35). Однако В.И.Вернадский не описал механизма превращения былых биосфер в осадочные и метаморфические породы.

Разрез Белгородского чернозема иллюстрирует фрагмент такого механизма накопления осадочных пород в результате функционирования конкретных типов экосистем в конкретных диапазонах климатических условий в течение 50 тысяч лет. Дальнейшие исследования позволят описать процессы накопления седиментов в более древние эпохи. Литогенез микробиолитов уже доказал происхождение строматолитов в результате жизнедеятельности циано-бактериальных матов. (Кузнецов, 2015). Процессы биокристаллизации как механизма литогенеза изучает большая группа геологов (Юшкин, и др.).

В порядке общих рассуждений о скорости седиментации можно предположить, что средняя скорость седиментации отложений отходов метаболизма современных степных экосистем 0,4 мм/год или 4 метра за 10 тыс. лет. скорость седиментации таежных экосистем вдвое меньше 0,2 мм/год или 2 метра за 10 тыс. лет, а скорость седиментации тропических лесов вдвое выше степных 0,8 мм/год или 8 метров за 10 тыс. лет. Средняя скорость седиментации отходов метаболизма океанских экосистем может оказаться на два порядка меньше – 0,004 мм/год или 4 метра за 1 млн. лет, 40 метров за 10 млн. лет и 400 метров за 100 млн. лет. Это еще предстоит изучить и уточнить. Однако уже сейчас можно начинать предварительный анализ стратиграфических колонок известных разрезов и обнажений типа Большого Каньона (Аризона, США). Для этого необходимо сопоставить мощность осадочных слоев с периодами геологической истории и сменой природных зон, флор и фаун.

Потом надо будет изучить горизонты С современных почв и выяснить в какие метаморфические породы этот осадочный слой может превратиться при погружении вглубь земной коры: песчаники, сланцы, алевролиты, латериты, известняки, мергели, опоки и т.п. Сопоставление результатов даст поправки на скорость седиментации разных пород. Максимальная скорость седиментации может быть у латеритов, несколько ниже у лессов, еще ниже у покровных суглинков, а минимальная у песков, которые накапливаются в результате механического выветривания скальных пород в суровых условиях аридных и арктических пустынь.

3.3. Вечно хранимый календарь природы.

В последние десятилетия современная геология стала успешно развивать новое перспективное направление – биоминералогию. Первые серьезные работы по биоминералам в 1970-е годы подготовили Г. Гениш, Ф.В. Чухров, И.Н. Крылов, С.Н. Серебряков, Ю.А. Жданов, Я.М. Самойлов, Н.П. Юшкин, А.Г. Жабин, В.А. Лучинина. В начале нынешнего века целую серию работ опубликовали Н.П. Юшкин, А.А. Баренбаум, Ю.Н. Водяницкий, А.А. Каздым, А.Г. Расулов, А.Ю. Розанов, Т.В. Литвинова, В.Г. Кузнецов (см. обзор Кузнецов, 2015).

Участие почв в формировании осадочных пород на материковых равнинах отмечали в начале прошлого века: Л.С. Берг, С.С. Неуструев, П.С.Коссович, А.Е.Ферсман, Б.Б. Польнов, Б.Л. Личков (см. обзор Керженцев, 2017). Теория почвенного генезиса лессов тогда не получила признания из-за отсутствия понятного описания механизма формирования седиментов в процессе почвообразования.

Функциональная экология в процессе изучения механизма функционирования экосистем обнаружила феномен утилизации отходов их метаболизма с помощью процессов гумификации и минерализации (Рис. 1). Поскольку цикл метаболизма экосистем замкнут на 99% (Горшков, 1995), то отходы метаболизма не превышают 1% годовой продукции. Эти потери компенсируются атмосферными, в том числе метеоритными выпадениями, космической пылью и продуктами выветривания горных пород. В замкнутом на 99% цикле метаболизма экосистем процессы синтеза и распада биомассы строго уравновешены. Если пренебречь потерями метаболизма 1%, которые компенсируются атмосферными выпадениями, то экосистему можно считать замкнутой системой с ошибкой 1%.

Фитоценоз синтезирует биомассу с помощью солнечной энергии из элементов минерального питания (ЭМП), которые высвобождает педоценоз из отмершей биомассы.

Почвенная биота превращает отмершую биомассу (опад) сначала в подстилку, выделяя при этом ЭМП в форме газов и растворов. Фитоценоз усваивает только их часть, а потенциально токсичный избыток неусвоенных ЭМП подвергается гумификации – временной консервации ЭМП до их востребования фитоценозом. Растения, испытывающие дефицит питания, с помощью корневых выделений провоцируют вспышку численности почвенной микрофлоры, которая быстро «съедает приманку» и переключается на питание гумусом, высвобождая содержащиеся в нем минеральные элементы. Эти элементы также усваиваются фитоценозом частично, а их потенциально токсичный избыток подвергается процессу биокристаллизации – необратимому связыванию их кристаллической решеткой и безопасному для биоты захоронению в литосфере в форме седиментов осадочных пород. Каждый тип экосистем образует свой характерный тип седиментов: степные экосистемы отлагают лессы, лесные экосистемы умеренного пояса – покровные суглинки, тропические и субтропические лесные экосистемы образуют мощные толщи латеритов. Этим объясняется географическая зональность «почвообразующих» пород, отмеченная геологами и почвоведцами в начале прошлого века.

Несмотря на малую долю отходов метаболизма, накопление продуктов биокристаллизации в геологическом масштабе времени формирует мощные слои осадочных пород. В результате длительного накопления осадков они погружаются вглубь земной коры и превращаются в метаморфические породы, а при дальнейшем погружении в мантию Земли они переплавляются в магматические породы, которые потом выносятся на земную поверхность тектоническими процессами.

По мнению В.И.Вернадского [цит по А.В.Лапо, 1987, С. 140]: «Количество биогенного вещества, переходящего в ископаемое состояние, очень невелико по отношению к годичной продукции живого вещества. У углерода, например, оно составляет для биосферы в целом 0,05%, для Мирового океана – 0,4% (0,7% для подводных окраин и 0,1% для пелагиали). Такого рода ничтожные доли вещества, ускользающего из биологического круговорота благодаря переходу в ископаемое состояние, слагают биогенное вещество метабиосферы».

В.И.Вернадский [1980, с.215] особо подчеркивал: «Если количество живого вещества теряется перед косной и биокосной массой биосферы, то биогенные породы (т.е. созданные живым веществом) составляют огромную часть ее массы, идут далеко за пределы биосферы. Учитывая явление метаморфизма, они превращаются, теряя всякие следы жизни, в гранитную оболочку, выходят из биосферы. Гранитная оболочка Земли есть область былых биосфер» (рис.9).

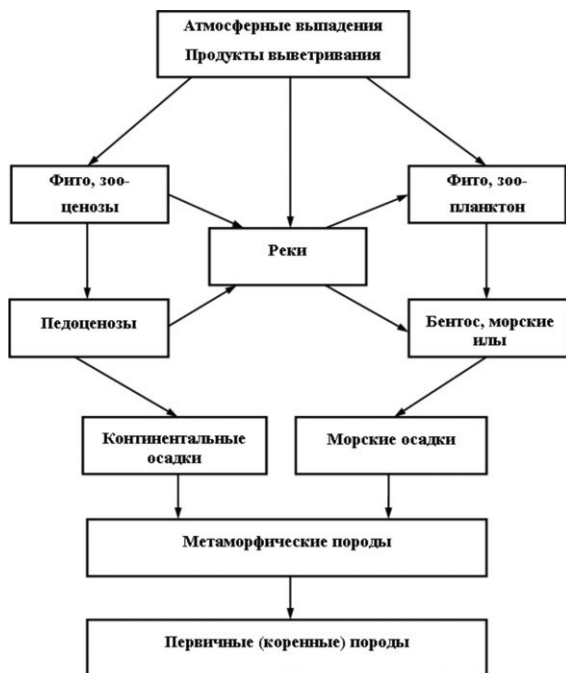


Рис. 9. Схема формирования осадочных пород континентальными и океанскими экосистемами.

В геологии принято различать морские и континентальные осадки по их составу и генезису. Однако с позиций функциональной экологии механизм их образования идентичен. Атмосферные выпадения, космическая пыль и продукты выветривания горных пород поступают на земную и водную поверхность с одинаковой скоростью и поглощаются в одинаковой степени наземной и водной растительностью, которая в процессе фотосинтеза превращает их в первичную биологическую продукцию – фитомассу. Часть фитомассы усваивают наземные и водные гетеротрофные организмы - зооценозы. После отмирания фито- и зооценозов образованная ими мортмасса становится пищей наземного педоценоза и морского бентоса, которые осуществляют функцию катаболизма с помощью процессов минерализации, гумификации и кристаллизации. Результатом катаболизма наземных экосистем является почвенный гумус и седименты осадочных пород, а морские экосистемы образуют на дне слои сапропеля и морских илов. Речной сток выносит часть континентальных осадков в морские бассейны и дополняет мощность морских осадков. На

этапе накопления осадков легко отличить континентальные осадки от морских по составу осадочного материала. Однако после накопления большой массы осадков и погружения ее вглубь земной коры, осадочные породы под действием высоких температур и давления превращаются в метаморфические породы, которые уже труднее отличить по происхождению. Дальнейшее погружение метаморфических пород в мантию Земли переплавляет их в магматические породы усредненного состава. Эти породы с помощью тектонических процессов выносятся на земную поверхность и поверхность морского дна, образуя наземные и подводные горные массивы. Тектоника завершает цикл большого геологического круговорота, после чего начинается новый цикл. Циклы повторяются многократно, накапливая и переплавляя отходы метаболизма биосферы.

Мы рассчитали количество биогенного вещества биосферы, переходящего в ископаемое состояние на основе данных из книги [Тарко А.М., 2005, табл.4.3, с.107-111]. Суммарная годовая продукция фитомассы – 171,5 ГтС/год. (1 Гт = 10^9 т). Суммарная годовая продукция океана 60-72 ГтС/год. Поскольку указанная масса ГтС составляет всего 40% фитомассы, мы вычислили 100% фитомассы и от нее уже рассчитали количество седиментов в соответствии с оценкой В.И.Вернадского для углерода.

Годичная продукция углерода наземной фитомассы 171,5 Гт/год, океана – 72 Гт/год. Продукция фитомассы суши составляет - **428,75** Гт/год, океана - **180,0** Гт/год.

Переход годичной продукции в ископаемое состояние (по Вернадскому): для биосферы – 0,05%, для океана – 0,4%, в том числе для шельфа – 0,7%, для открытого океана – 0,1%. Ежегодное отложение седиментов составило:

- для суши. $428,75 \text{ Гт/год} \times 0,05\% = 0,21 \text{ Гт/год}$;
- для океана. $180,0 \text{ Гт/год} \times 0,4\% = 0,72 \text{ Гт/год}$; в том числе:
- для шельфа. $180,0 \text{ Гт/год} \times 0,7\% = 1,26 \text{ Гт/год}$;
- для пелагиали. $180 \text{ Гт/год} \times 0,1\% = 0,02 \text{ Гт/год}$.

Максимум седиментов (1,26 Гт) откладывается в зоне океанского шельфа, минимум в открытом океане (0,02 Гт). Континентальные экосистемы откладывают среднее количество седиментов - 0,21 Гт в год.

В таблице 4.3 книги А.М.Тарко [2005, с. 107-111] приведены данные годичной продукции (в ГтС/год) для типичных экосистем мира на площади каждого типа экосистем, которую мы также преобразовали в фитомассу. Затем рассчитали количество седиментов при двух вариантах условий выпадения: 1% и 0,05% годичной продукции. В итоге на учтенной

площади экосистем биосферы (105,48 млн.км²) при величине отходов метаболизма 1% (исходя из степени замкнутости 99%), ежегодно выпадает в осадок 14,839 Гт седиментов. По варианту В.И.Вернадского переход в ископаемое состояние составляет 0,05% от годичной продукции, поэтому ежегодные выпадения седиментов составили 0,742 Гт. Разница составляет три порядка. Это указывает на то, что отходы метаболизма биосферы гораздо меньше 1% годовой продукции и требуют уточнения.

Эти предварительные расчеты нуждаются в корректировке на основе современных данных о продуктивности континентальных и океанских экосистем, о площади, занятой каждым типом экосистем. Однако целью наших расчетов было подчеркнуть сам факт образования биогенных континентальных осадков на материковых равнинах, о которых писали наши классики в начале прошлого века: Л.С.Берг, С.С.Неуструев, П.С.Коссович, А.А.Роде, Р.С.Ильин, Б.Л.Личков и другие,

Еще один, более надежный способ расчета скорости седиментации нам предоставил глубокий разрез, заложенный в урочище «Ямская степь» заповедника Белогорье для участников съезда почвоведов в августе 2016 года (Путеводитель, 2016; Керженцев, Остроумов, 2017). Этот разрез вскрыл почвенно-грунтовую толщу до глубины 650 см и обнажил четкую границу между окончанием последнего Осташковского оледенения и началом голоцена (рис.7). Нижние 230 см толщи накопились под непосредственным влиянием ледника, а верхние 420 см уже после его отступления в период голоцена. Если считать, что голоцен продолжается 10-12 тыс.лет, то средняя скорость седиментации 0,04 см/год или 40 см в 1000 лет. Вслед за отступлением ледника на данной территории последовательно менялись зональные типы экосистем (Берг, 1913). Самый нижний от границы темно-бурый слой бескарбонатного суглинка мощностью 50 см (420-370 см) накопился в течение 1200 лет существования лесотундровых и северотаежных экосистем, которые образовались на этой территории вслед за отступлением ледника. Вышележащий более светлый слой 370-320 см (50 см) сформировался за 1200 лет экосистемами хвойных лесов, поселившихся здесь в результате удаления ледника и его климатического шлейфа. Следующий слой 320-260 см (60 см) за 1500 лет накопили экосистемы широколиственных лесов, пришедших на смену хвойных, а слой 260-220 см (40 см) за 1000 лет образовали экосистемы лесостепей. После этого 5500 лет назад на данной территории установились условия, характерные для черноземных степей, которые сохранились до сих пор. За истекший период 5500 лет экосистемы черноземных степей отложили лессовую толщу общей мощностью 220 см, которая продолжает нарастать в настоящее время со средней скоростью 0,04 см/год или 40 см за 1000 лет, поднимая вверх обновляемый с постоянной

скоростью, а потому стабильной мощности гумусовый профиль чернозема [Личков, 1945; Ковда, 1971; Ковда и др., 1990].

Какие из приведенных выше данных больше соответствуют действительности, покажет время и новые специальные исследования. Однако уже эти предварительные расчеты позволяют однозначно ответить на ряд до настоящего времени спорных вопросов: 1) континентальные осадочные породы на материковых равнинах образуются в результате естественных процессов утилизации отходов метаболизма экосистем путем биокристаллизации седиментов; 2) благодаря постоянному накоплению массы подпочвенных седиментов, почвы растут вверх, сохраняя стабильную мощность постоянно обновляемого в стационарном режиме генетического профиля; 3) погребенные предметы, объекты, исторические памятники погружаются в толщу осадочных пород по мере их накопления в процессе утилизации отходов метаболизма экосистем со средней скоростью 0,04 см/год или 40 см за 1000 лет.

Разные типы экосистем, вероятно, обладают разной скоростью седиментации. Это предстоит узнать будущим исследователям, поскольку от скорости седиментации зависит оценка времени существования на данном месте экосистемы, отложившей слой седиментов данной мощности при соответствующих климатических условиях. Тогда календарь природы, зашифрованный в разноцветных горизонтах геологического разреза или обнажения, сложенный отходами метаболизма континентальных или морских экосистем, будет прочитан с точностью до сотни лет (рис.4).

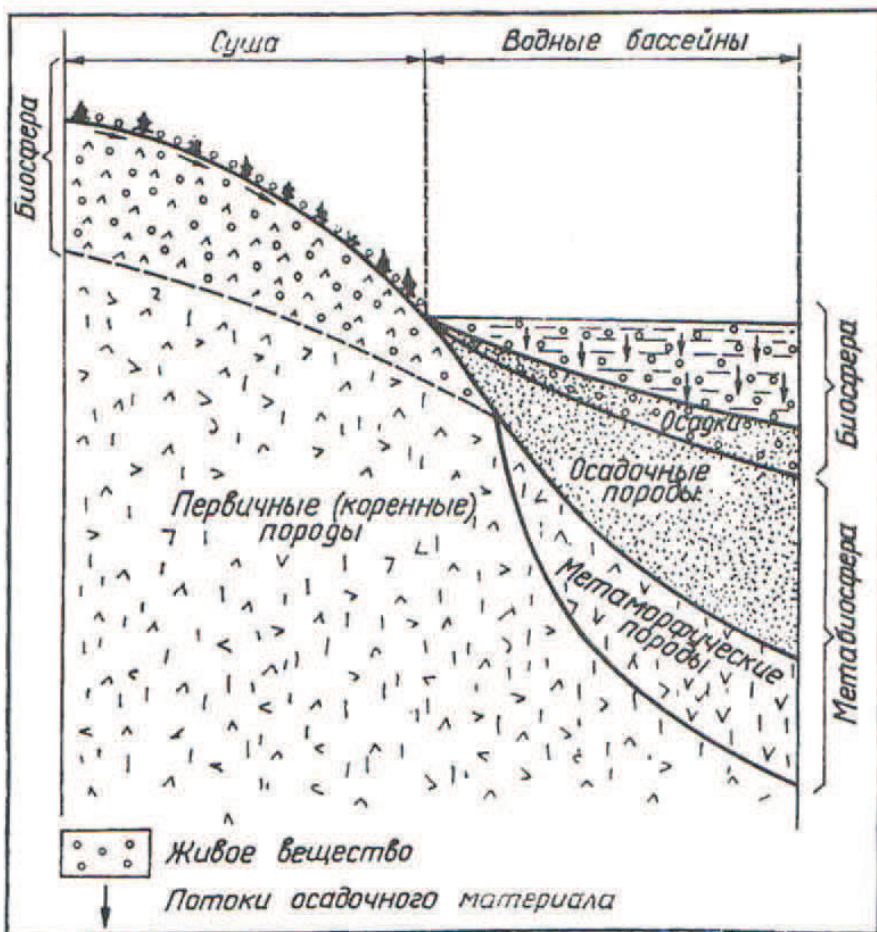


Рис. 10.1. Схема формирования горных пород метабиосферы (А.В. Лапо, 1987).

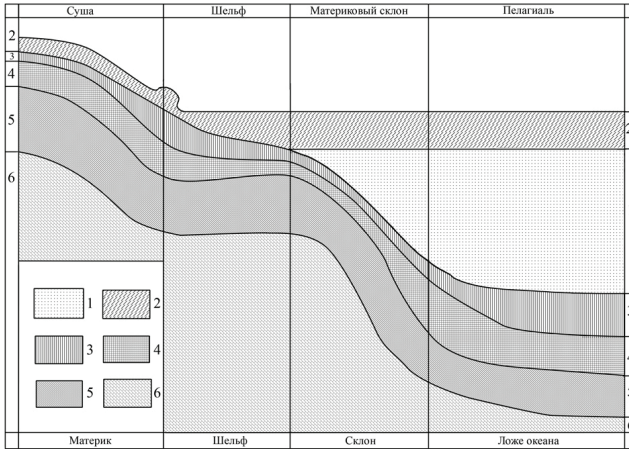


Рис.10.2. Осадочные породы континентальных и океанских экосистем.

Условные обозначения: 1. Пелагиаль. 2. Фотический слой океана и фитоценозы суши с полосой мангровых зарослей. 3. Гумусовый профиль почв и донные илы сапропели. 4. Осадочные породы. 5. Метаморфические породы. 6. Магматические породы.

В книге А.В.Лапо (1987) рисунок 10.1 изображает расположение на океанском дне осадочных, метаморфических и магматических пород. При этом на суше магматические породы выходят на дневную поверхность. Это неверно, поскольку механизм формирования морских и континентальных осадков один – захоронение отходов метаболизма экосистем. Просто в океанских экосистемах функции анаболизма и катаболизма разделены в пространстве, а в наземных экосистемах они совмещены. Функцию анаболизма в океане выполняет фито планктон в его фотическом слое, а на суше эту функцию выполняет фитоценоз. Функцию катаболизма на суше выполняет почва (педоценоз), а в океане бентос, населяющий донные илы и сапропели. Поэтому фотический слой океана на суше продолжает растительный покров, а гумусовый профиль почв продолжают в океане донные илы и сапропели. Под ними образовались слои осадочных и метаморфических пород, которые залегают на коренных магматических породах. Наш рисунок 10.2 дополняет рисунок 10.1 А.В.Лапо наземными экосистемами. Масштабы отложения океанских и наземных осадков различны, а механизм их образования идентичен.

Большой интерес представляют исследования почвенного покрова Северо-Запада ЕТР, развитого на карбонатных породах, которые посвящены буроземообразованию и псевдоподзоливанью (1974). Авторы исследований – известные почвоведы С.В.Зонн,

А.А.Хантулев, Л.Ю.Рейнтам объясняют формирование новых типов почв особенностями водного режима почв, а именно периодическим переувлажнением верхнего слоя почв.

Если исходить из положения, что рендзины первыми осваивают карбонатную породу, а потом после накопления бескарбонатной прослойки 20-30 см между почвой и породой начинают превращаться в зональную почву, то можно предположить, что в ряду дерново-подзолистые – псевдоподзолистые – буроземы – рендзины, наибольшим возрастом обладают дерново-подзолистые почвы как типичные для таежной зоны, уже прошедшие все переходные стадии от исходных рендзин. Самые молодые почвы – рендзины, которые только недавно сформировали свой профиль на карбонатной породе и пока существуют в своем амплуа азональной почвы. Псевдоподзолистые почвы – переходные почвы ближе к дерново-подзолистым, а буроземы – ближе к рендзинам. Процесс метаморфоза рендзин в зональные дерново-подзолистые почвы проходит под влиянием климата через серию переходных состояний, из которых на основе морфологических признаков пока удалось зафиксировать только две переходные стадии: бурые лесные и псевдоподзолистые, хотя в действительности их гораздо больше.

Процесс метаморфоза почв аналогичен давно известному в геоботанике процессу восстановительной сукцессии, когда нарушенный климаксный тип растительности через смену лесообразующих пород постепенно восстанавливает состояние климакса и продолжает функционировать в стационарном режиме в соответствии с реальными климатическими условиями. Поскольку почва и растительность являются неразрывными компонентами единой экосистемы, они должны подчиняться общим законам и действовать согласованно. Однако традиционно сложившаяся методология их отдельного изучения не позволяет рассматривать динамику этих компонентов в одном масштабе времени. До сих пор считается, что растительность развивается в реальном, а почва в геологическом времени. Ни один параметр, характеризующий почву не совпадает ни с одним параметром, которые характеризуют растительность. Это явное заблуждение «корпоративной особенности» объектов исследования скрывает многие закономерности динамики почв и почвенного покрова, например закон перманентной адаптации экосистем к меняющимся условиям среды. Этот закон позволяет экосистеме и ее компонентам функционировать в оптимальном режиме при любых изменениях факторов среды, благодаря последовательной согласованной смене видового состава автотрофной, гетеротрофной и сапротрофной биоты. Поэтому экосистемы существуют вечно, меняя свой облик, как хамелеон окраску, в соответствии с реальными условиями среды. Растения и почвы по отдельности на это не способны, поэтому эволюция изобрела кооперативную конструкцию – экосистему с единым циклом

метаболизма, замкнутом на 99% экомассы – суммы живой и отмершей биомассы. Почвоведом и ботаникам следует перенять у мудрой природы способность создавать кооперативные конструкции, в которых вместо конкуренции господствует симбиоз – взаимовыгодное сожительство узко специализированных групп организмов по типам питания (продуцентов, консументов и редуцентов). Почвоведы, ботаники, зоологи совместно с климатологами должны создать общую методологию изучения природных и аграрных экосистем – функциональную экологию, которая откроет гигантский массив новых знаний, скрытый при раздельном изучении каждого объекта.

В заключение главы подчеркнем, что **уникальность рендзин** заключается в том, что они как переходная стадия к зональным почвам очень ярко контрастируют с окружающим почвенным покровом, а потом постепенно сливаются с ним. В процессе картографирования зональных почв с обычным профилем ABC вдруг неожиданно встречается контур многогумусных почв с необычным профилем AC. Более внимательное изучение почвенного покрова на карбонатных породах показало, что профиль AC рендзин постепенно превращается в обычный профиль ABC зональной почвы через серию переходных форм. Сначала изменяется зона контакта между карбонатной породой и гумусовым горизонтом в виде слоя бескарбонатного суглинка. Когда этот слой достигает мощности 20-30 см, происходит разрыв прямой зависимости почвы от карбонатной породы и приоритет переходит к климатическим условиям, под влиянием которых профиль рендзин постепенно превращается в профиль зональной почвы. Дальнейшее изучение почвенного покрова территорий с карбонатными породами, подстилающими почвы на разной глубине показало, что разнообразие почв этих территорий представлено разными стадиями перехода рендзин в зональный тип почв. В 70-е годы прошлого века были открыты новые типы почв в таежной зоне ЕТР и Сибири, которые отличались по ряду диагностических признаков от зональных дерново-подзолистых почв: подбуры, псевдоподзолистые и буроземные почвы. Набор новых диагностических признаков позволил выделить новые почвенные таксоны в системе классификации почв. Но оказалось, что эти таксоны являются переходными стадиями метаморфоза от рендзин к зональным типам почв. Однако сукцессией эти смены назвать нельзя, поскольку они необратимы в связи с устранением приоритета карбонатной породы в процессе почвообразования. Это явление точнее назвать метаморфозом. А сукцессионные смены почв совершаются вместе с растительностью в случае нарушения экосистем естественными и антропогенными факторами.

Например, березовые и осиновые леса с дерново-подзолистыми почвами, являются переходными стадиями сукцессии коренных климаксных типов леса - ельников с подзолами.

Но после восстановления коренных ельников дерново-подзолистые почвы превращаются в подзолы, поскольку почва и растительность являются неразрывными компонентами единой природной экосистемы и стадии сукцессии касаются обоих компонентов. Просто в растительном покрове стадии сукцессии выражены более наглядно, а в почвенном покрове они скрыты и незаметны. Совместному восприятию мешает привычное представление о геологическом масштабе времени жизни почвы в отличие от реального времени жизни растений. Но почва это не геологическая порода, преобразованная факторами почвообразования, это живой педоценоз, биологический реактор, который перерабатывает отмершую биомассу в минеральные элементы, необходимые фитоценозу для фотосинтеза новой биомассы. Почвенный и растительный покров теснейшим образом связаны друг с другом общим циклом метаболизма и функционируют согласованно между собой и с климатическими условиями.

В почвах на бескарбонатных породах эти процессы происходят незаметно для наблюдателя, но они происходят в такой же последовательности, как на карбонатных породах, но при гораздо меньшей зависимости от геологической породы. Нам удалось наблюдать начальный этап образования мерзлотно-таежных почв в средней тайге Восточного Забайкалья на «курумах» – обломочных насыпей у скальной стены биотитового гранита. Отделившиеся от скалы гранитные обломки разной величины и формы образовали коническую насыпь с углом откоса около 30° , которая завершается на плато водораздела и на скатах межгорной долины. Длина склона в сторону водораздельного плато 300 метров. На расстоянии 10-20 м от скалы обломки гранита покрыты редкими пятнами накипных лишайников разного цвета, формы и размеров. Ниже до самого подножья склона обломки покрыты мощными подушками ягеля. На нижней трети склона курума среди ягеля появляются отдельные деревья лиственницы с прямыми стволами нормальной высоты 20-25 метров. У подножья курума начинается нормальный лиственничный лес с багульником, который занимает водораздел и верхние части склонов.

Нас заинтересовали лиственницы, укоренившиеся в средней части «курума» среди гранитных обломков без почвы. Оказалось, что под подушками ягеля накапливается масса отмершей органики, которая постепенно скатывается в межобломочные пустоты и на глубине 30-40 см образует слой органического мелкозема, в котором поселяется сапротрофная биота и превращает накопившуюся мортмассу в минеральные элементы, необходимые высшим растениям. Этот органический субстрат и служит для лиственницы почвой. У подножья «курума» этот органический слой уже выходит на поверхность, а под ним на глубине 10-15 см образуется желто-бурый слой рыхлой породы, в котором

погружены округлые валуны гранита разной величины. На поверхности плато этот слой покрыт мощным слоем лесной подстилки 10-15 см, состоящей из густ переплетенных стеблей и корней кустарничков и трав. Подстилка буквально скатывается в рулон подобно напольному ковру, обнажая пеструю минеральную поверхность. Когда мы нашли свободный от деревьев участок 3х5 метров, сняли подстилку и зарисовали обнаженную поверхность, то на этом малом пространстве уместились все подтипы почв средней тайги Восточного Забайкалья: подзолистые, ожелезненные, гумусо-аккумулятивные, типичные мерзлотно-таежные (рис.11).

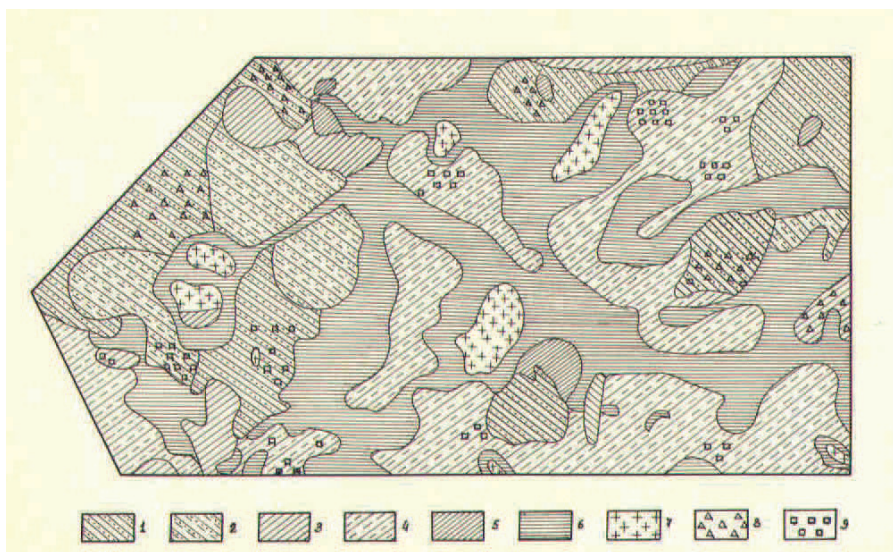


Рис. 11. План поверхности минерального горизонта мерзлотно-таёжной пятнисто-подзолистой почвы (размер участка 3×5 м).

1 – подзолистый горизонт; 2 – слабоподзолистый горизонт; 3 – бурый суглинок (гор.В); 4 – желто-бурый суглинок (гор.С), 5 – охристый суглинок; 6 – серый гумусированный горизонт; 7 – валуны гранита; 8 – щебень и дресва гранита; 9 – обугленные растительные остатки.

В числе других иллюстраций мы с О.В.Макеевым опубликовали эту картинку в журнале «Геодерма» (1974), но редактор принял ее за почвенную карту региона и исправил наши 3х5 метров на километры. Мы предлагали назвать эти почвы пятнисто-подзолистыми и решить спор между почвоведом, картирующими разные регионы Забайкалья. Н.А.Ногина считала, что в средней тайге преобладают подзолистые мерзлотно-таежные почвы, а И.А.Соколов заявил, что не встретил в средней тайге ни одного подзолистого профиля. Их

разрезы попадали в разные пятна, поэтому там, где работала Н.А.Ногина на карте обозначены подзолистые, а там, где работал И.А.Соколов - типичные.

В средней тайге сосредоточились подтипы почв, характерные как для северной тайги (подзолистые, иллювиально-гумусные), так и для южной (ожелезненные типичные). На ранней стадии формирования профиля значение имеют локальные очаги гидротермических условий, которые формирует соседство многолетней мерзлоты, гранитных валунов и межвалунных масс мелкозема, пребывающего длительное время в тиксотропном состоянии. Криогенные процессы постоянно перемещают валуны вверх-вниз. При этом снимается поверхностный выветрелый слой гранита и валун приобретает обкатанный вид как галька в речном потоке. Мы многократно обнаруживали в разрезах на глубине 50-70см округлые валуны гранита, которые сохраняли форму, цвет, внутреннюю структуру, но теряли прочность: валун легко разрезался ножом и лопатой как обычный суглинок. После погребения таких валунов последующими слоями осадков они становятся реперами - индикаторами криогенеза. Именно такие валуны вскрыты глубоким разрезом Белгородского чернозема на глубине 600-650 см. Их наличие говорит о том, что данный слой рыхлой породы образовался при активном участии криогенных процессов в непосредственной близости ледника. Тем более, что вмещающая порода представлена песком, который мог образоваться в результате механического выветривания скальных пород в суровых условиях полярной пустыни.

Заключение.

В основе биологии лежит изучение структуры и функций живых организмов: животных, растений, микроорганизмов. Экосистема на этом уровне воспринимается как сообщество самых разных организмов, объединенных одним общим местообитанием. В качестве целостного природного объекта экосистема воспринимается как аллегория. На самом деле мудрая природа сформировала экосистему как очередной, после многоклеточного организма, уровень иерархии живых систем, который объединяет множество разнородных организмов единым циклом обмена веществ – общей функцией метаболизма. Этот цикл жестко связывает все многообразие организмов, поскольку позволяет всем участникам сообщества экономно расходовать однажды добытые пищевые ресурсы путем обмена отходами жизнедеятельности. В.Р.Вильямс (1949, с.492) очень удачно сформулировал сущность метаболизма: «Единственный способ придать ограниченному количеству свойство бесконечного – заставить его вращаться по замкнутой кривой». Экосистема сформировала такую кооперативную структуру, которая позволяет использовать ресурсы, добытые одной группой участников ассоциации, поочередно и многократно всеми другими ее участниками. Новый вид может войти в состав экосистемы только в самом конце трофической цепочки, где еще имеются неиспользованные отходы.

Первичные пищевые ресурсы экосистемы в форме минеральных элементов получает фитоценоз непосредственно из атмосферных выпадений и продуктов выветривания горных пород. Кроме того, фитоценоз использует вторичные ресурсы в качестве отходов сапротрофной и гетеротрофной биоты, которая питается отмершей и живой биомассой, а в качестве отходов выделяет минеральные газы, растворы, коллоиды. Газы фитоценоз усваивает через листву, растворы через корни, а коллоиды в результате гумификации образуют почвенный гумус и минеральную основу почвенного профиля путем биокристаллизации отходов метаболизма.

Фитоценоз в результате фотосинтеза с помощью солнечной энергии превращает минеральные элементы в живую фитомассу – первичную биологическую продукцию. Фитомасса становится в свою очередь пищей для животных, которые на ее основе создают вторичную продукцию (зоомассу). Первичная и вторичная продукция за вычетом газообразных, жидких и твердых выделений (экскреций) составляют результат функции анаболизма. После завершения жизненного цикла и его генеративной фазы все растения и все животные отмирают, и их биомасса превращается в мортмассу, которая становится пищей сапротрофной биоты, составляющей основу третьего компонента экосистемы – педоценоза. Педоценоз использует в пищу отмершую биомассу, а в качестве отходов

выделяет, содержащиеся в ней минеральные элементы, необходимые фитоценозу для синтеза фитомассы. Благодаря активной работе педоценоза, выполняющего в экосистеме функцию катаболизма, фитоценоз получает нужные ему минеральные элементы без дополнительных затрат энергии на их поиск и добычу. Цикл метаболизма обеспечивает все три компонента экосистемы (фитоценоз, зооценоз и педоценоз) пищевыми ресурсами за счет обмена компонентов экосистемы отходами жизнедеятельности. Общие отходы метаболизма экосистемы проходят двойную утилизацию с помощью гумификации и кристаллизации. Гумификация временно консервирует свободные потенциально токсичные элементы и хранит их в безопасном для биоты состоянии до востребования фитоценозом, а биокристаллизация необратимо выводит «лишние» элементы в геологический круговорот. Поэтому экосистему можно назвать самой рентабельной фабрикой производства биомассы, отходы которой составляют менее 1% добытого сырья. Огромная биомасса экосистемы создается при минимальном поступлении извне питательных ресурсов и минимальном выходе в геологический круговорот отходов метаболизма в форме газов, растворов и коллоидов. Все эти закономерности проявляются и действуют также на уровне биосферы – экосистемы глобального масштаба.

На современном этапе развития науки изучать надо не отдельно растительность, животный мир и почву, которые уже изучены в достаточной степени. Сейчас надо срочно и тщательно изучать экосистему как целостный единый природный объект, как симбиотическую ассоциацию трех специализированных по типам питания биоценозов (фитоценоза, зооценоза и педоценоза), которые способны функционировать совместно в автономном режиме за счет обмена симбионтов отходами жизнедеятельности. Благодаря взаимовыгодной кооперации множества живых существ мудрая природа создала новый самостоятельный объект – экосистему, которая обладает всеми атрибутами живой системы: собственной структурой и функцией, массой и жизненным циклом, самовоспроизводством и саморегуляцией. Детальному изучению подлежит не только структура, но и функция экосистемы как потенциальный объект управления. Эти две ипостаси экосистемы (структура и функция), подобно анатомии и физиологии изучаются разными методами, измеряются в разных единицах, оцениваются по разным критериям. Изучение структуры давно сформировало свою экспериментальную базу, а изучение функции своей базы не имеет вовсе, поэтому ее придется создавать практически с нуля. Но делать это придется обязательно.

Кто виноват и что делать???

Виноват в нарушении гомеостаза биосферы человек разумный, который благодаря разуму и созданной им техники сумел отнять часть ресурсов у других видов, а потом научился находить и добывать ресурсы, недоступные другим видам. Это позволило ему безнаказанно нарушать закон природы, ограничивающий рост численности популяций наличием ресурсов. Однако со временем многократное увеличение численности популяции человека и неограниченных потребностей каждого члена популяции привело к глобальному экологическому кризису, который стал угрожать существованию человека как биологического вида. В связи с этой угрозой начались поиски выхода из кризиса. Выдвинуто было множество предложений, из которых часто обсуждаются только три: назад к природе, устойчивое развитие и кризисное управление или управляемая эволюция.

Горячие сторонники чистой экологии, которых называют алармистами, с самого начала предлагали красивый лозунг: «Назад к природе». При этом они даже не упоминали о том, что для осуществления этой мечты придется устранить из состава биосферы человека разумного, который уже стал геологической силой и потому сумел нарушить гомеостаз биосферы. Если человек исчезнет, то природа очень быстро без особых затрат в порядке сукцессии восстановит все нарушенные им экосистемы и восстановит прежний уровень гомеостаза биосферы, нарушенный человеком. Но нас такой сценарий вряд ли может удовлетворить.

В последние десятилетия стала очень популярной концепция «устойчивого развития», которая активно поддерживается международными организациями во главе с ООН. Однако дальше разговоров об экономическом взаимодействии крупных корпораций и мировых лидеров дело не идет. Концепция устойчивого развития даже не рассматривает биосферу и ее потенциальные возможности в качестве ограничивающего фактора хозяйственной деятельности человечества. Материальные затраты на восстановление нарушенных экосистем, на ликвидацию накопленного ущерба и поддержание благоприятного для человека состояния окружающей среды, считаются слишком тяжелым грузом для мировой экономики. Экологические проблемы только сдерживают ее развитие, а следовательно, мешают процветанию человечества. Но главная особенность экологических проблем состоит в том, что выгоду от их нарушений получают одни, а оплачивать последствия этих нарушений приходится другим, не причастным к нарушениям.

О каком устойчивом развитии можно говорить, когда ежегодные потери почвенных ресурсов вследствие их отчуждения, загрязнения и деградации достигли 20 млн.га. Через 50 лет такого «рационального» землепользования мы потеряем 1 млрд.га плодородных почв при наличии в распоряжении мирового сельского хозяйства 1,5 млрд.га. Компенсировать такие

огромные потери повышением урожайности не реально, а это значит голод – самый беспощадный и самый действенный фактор снижения численности популяции человека. Но главная экологическая опасность скрывается в постепенном изменении качества среды обитания человека, самого молодого биологического вида, не способного адаптироваться к среде иного качества. Даже незначительные отклонения от нормы химического состава воздуха, воды и пищи вызывают патологические нарушения в организме человека. Человек может оказаться в положении той лягушки, которая млела при медленном нагревании воды в сосуде и не заметила, как сварилась. С каждым годом пополняется список новых болезней, ранее неизвестных медицине. Эта тенденция - результат нашего негативного потребительского отношения к природе. Это защитная реакция природы от агрессивных действий вида монополиста - покорителя природы. Пока медицина справляется с этим протестом природы, но со временем он будет только нарастать и неизвестно когда и чем закончится это противостояние. Поэтому, пока не поздно, нужно искать альтернативный принцип выживания человека в биосфере, который бы мог гармонично вписать деятельность человека в глобальный метаболизм биосферы.

В 2014 г. на основе идеологии кризисного управления А.В.Яблоков, В.Ф.Левченко и А.С.Керженцев сформулировали концепцию перехода к управляемой эволюции биосферы в качестве разумного выхода из глобального экологического кризиса, в который человек загнал себя по собственной вине. Эта концепция базируется на анализе главных причин нарушения человеком гомеостаза биосферы, в результате которых биосфера превратилась в антропосферу. Возросшие потребности сверхпопуляции человека создали, во-первых, дефицит первичной продукции – фитомассы, в соответствии с ростом вторичной продукции – зоомассы, включая антропомассу и зоомассу прирученных человеком животных, птиц, насекомых, которые без человека существовать уже не могут. В связи с этим стали исчезать виды, не выдержавшие конкуренции с человеком, но выполнявшие определенные функции в метаболизме биосферы. Во-вторых, человек в погоне за комфортом создал новый класс вещества в биосфере – третичную антропогенную продукцию, включающую искусственные вещества и материалы, машины и механизмы, здания и сооружения, отходы производства и потребления, бытовые отходы. В связи с тем, что природные организмы редуценты оказались не способными утилизировать отходы неизвестного состава и происхождения, а человек не озаботился этой важной проблемой, к настоящему времени в биосфере накопилась гигантская масса нового класса вещества. Эта масса законсервировала биофильные элементы, изъятые из глобального цикла биологического круговорота, необходимые для синтеза новой фитомассы. А кроме того, локальные скопления третичной

продукции создали очаги загрязнения среды обитания человека. С учетом этих глобальных нарушений следует искать кардинальные пути выхода из глобального экологического кризиса.

Стратегической задачей управляемой эволюции является организация и проведение бесконфликтного перехода современной антропосферы в будущую ноосферу в соответствии с предсказаниями В.И.Вернадского. Для успешного решения этой масштабной задачи необходимо: во-первых, определить количественно и сохранить «неснижаемый запас» природных экосистем, которые автоматически способны контролировать качество среды обитания человека; во-вторых, ликвидировать накопленные запасы третичной антропогенной продукции как консерватора биофильных элементов и источника загрязнения окружающей среды; в-третьих, ликвидировать дефицит первичной продукции – основы трофической пирамиды.

Предварительные расчеты минимальной площади природных экосистем можно назвать грубо прикидочными, поскольку колеблются от 50 до 75% площади суши. Нужны модельные расчеты метаболизма типичных экосистем биосферы с учетом количества и состава отходов метаболизма, выделяемых с площади 1 км² в атмосферу, гидросферу и литосферу. Площади типичных экосистем известны, поэтому несложно будет рассчитать общий выход кислорода с территории каждого биома. Это позволит решить какую площадь, каких экосистем необходимо включить в список «неснижаемого запаса» жизнеобеспечивающих природных экосистем.

Ликвидировать накопившийся избыток третичной антропогенной продукции можно с помощью мощной индустрии рециклинга, которая способна отделить и гумифицировать биофильные элементы, чтобы вернуть их в глобальный цикл метаболизма биосферы, а ненужные потенциально токсичные элементы путем биокристаллизации безопасно захоронить в литосфере. В дальнейшем, придется ввести функцию утилизации отходов во все технологии производства и потребления, как это делает природа.

Полученные в процессе рециклинга третичной продукции биофильные элементы позволят получить дополнительную фитомассу в условиях открытого и закрытого грунта и тем самым ликвидировать возникший дефицит первичной продукции. В итоге этой работы получится новый повышенный уровень глобального гомеостаза будущей ноосферы. Обеспечение его стабильности с помощью высоких технологий восстановит нарушенный процесс саморегуляции по аналогии с биосферой. Но это потребует вложения огромных материальных и интеллектуальных ресурсов, которые сейчас буквально пожираются милитаризацией, нацеленной прямо на уничтожение людей. Современный человек разумный

(Homo sapiens) с его первобытными инстинктами алчности, потребительства, агрессии, милитаризма на это не пойдет. Он даже не желает осознать опасность глобального экологического кризиса.

Эту опасность может осознать человек просвещенный (Homo illuminatus), овладевший глубокими знаниями законов природы. На основе новых знаний он может составить программу выхода из кризиса, но реализовать ее не сможет, поскольку она требует огромных материальных и интеллектуальных вложений. А для этого нужна политическая воля.

Эту самую сложную задачу способен в будущем решить человек благородный (Homo nobilis), который избавится от примитивных первобытных инстинктов, консолидирует мировой потенциал всего человечества и направит его на решение главной стратегической задачи – выживания на Земле популяции человека, как биологического вида. В противном случае он просто исчезнет с лица Земли, как исчезли многие вытесненные человеком виды. После этого природа быстро залечит раны, нанесенные человеком, восстановит прежний уровень гомеостаза и продолжит эволюцию. На каком-то ее этапе появится новое мыслящее существо, которое пройдет все этапы развития человечества и столкнется с проблемой глобального экологического кризиса. От решения этой проблемы зависит его будущее. Если это существо сумеет вписать свою деятельность в глобальный цикл метаболизма, оно продолжит существование в ноосфере, расселится на другие планеты. Если не сможет, то исчезнет с лица Земли, как исчезли многие цивилизации, следы которых мы периодически обнаруживаем, но не можем объяснить время их господства на грешной Земле. Лучше бы это успеть сделать в рамках существующей цивилизации, ускорив эволюцию человека разумного в человека просвещенного и человека благородного.

Литература

Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., Наука, 1980. 288 с.

Амосов М.И., Москаленко И.Г., Муханова М.В., Сыромятина М.В. Изменение границ природных зон Африки в позднем плейстоцене – голоцене. Изв. РГО, 2013, т.145, вып. 4. с. 12-24.

Апарин Б.Ф., Аникович М.В., Попов В.В. Погребенные почвы археологического памятника древнепалеолитической стоянки человека «Костенки-1». Вестник Санкт-Петербургского университета, 2011, сер.3, вып.3. с.101-113
Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.:Наука, 1986. 297 с.

Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск, Изд. СО РАН, 2008. 381 с.

Базулик О.А. Теория эволюции: от космического вакуума до нейронных ансамблей, и в будущее. Киев, МФКО, 2015.

Баренбаум А.А. Галактика. Солнечная система. Земля. Соподчиненные процессы и эволюция. М.:ГЕОС, 2002. 393 с.

Баренбаум А.А., Литвинова Т.В. Распространение солей и фосфатов в свете космической гипотезы. ДАН, 2003. т.389, №2. с. 214-218.

Баренбаум А.А., Литвинова Т.В. Связь минералообразования и жизни на примере вендско-кембрийской биотической революции. С.36-37. Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия. Матер. 1У Международного семинара. Сыктывкар, Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Геопринт, 2007. 248 с.

Берг Л.С. К вопросу о смещении климатических зон в послеледниковое время. Почвоведение, 1913. № 4, с.1-26.

Берг Л.С. О происхождении лесса. Изв. РГО, т.52, вып.8, 1916. с.579-646.

Берг Л.С. Климаты геологического прошлого. Природа, 1918, №1, с. 3-28.

Берг Л.С. Климаты в древнейшие эпохи истории Земли. Вест. ЛГУ, 1947. №5, с.61-66.

Берг Л.С. Некоторые соображения о послеледниковых изменениях климата и о лесостепье. Вопр. Геогр. 1950. сб.23. с. 57-84.

Берг Л.С. О почвенной теории образования лесса. Изв. Геогр. ин-та. 1926, с. 73-92.

Берг Л.С. Проблема лесса. Природа, 1927. № 4, с. 317-346; №6, с. 445-464.

Берг Л.С. Некоторые соображения о послеледниковых изменениях климата и о лесостепье. Вопр. Геогр. 1950. сб.23. с. 57-84.

Буроземообразование и псевдоподзоливание в почвах Русской равнины. М.:Наука, 1974. 275 с.

Богословский Н.А. О некоторых явлениях выветривания в области Русской равнины. Изв. Геол. ком-та. Т.18. №5. СПб.1899.

Бояджиев Т.Г. Хумусно-карбогатните почви (рендзини) в рачоне на сивите и кафявите горски почви от северо-западна България. Известия Институт за почвознание и агротехника «Н.Пушкар», София. Т.6, 1963.

Вернадский В.И. Эволюция видов и живое вещество. Природа, 1928, № 3, с. 227-250).

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.:Наука, 1987. 339 с.

Вдовыкин Г.П., Метеориты и жизнь, 1970. 167 с.

Вдовыкин Г.П., Алексеев В.А., Мельник Н.Н. Изучение метеоритного углерода методом комбинационного рассеяния света. Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия. Сыктывкар, Геопринт, 2007. 248 с.

Витязев А.В., Печерникова Г.В., Импакты и эволюция ранней Земли. Катастрофические воздействия космических тел. Ред. В.В.Адушкин и И.В.Немчинов. М.: НКЦ «Академкнига», 2005. с. 251-265.

Витязев А.В., Печерникова Г.В. Состав межзвездных газа, пыли и излучения в окрестностях формирующейся солнечной системы. Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия. Сыктывкар, Геопринт, 2007. 248 с.

Вильямс В.Р. Травопольная система земледелия. М.,1949. 492 с

Волобуев В.Р. Система почв мира. Изд. «Элм», Баку, 1973. 307 с.

Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд. МГУ, 1986. 244 с.

Гамалей Ю.В. Эволюция клеточных систем и жизненных форм растений. С.479-496. //Чарльз Дарвин и современная биология. Тр. Междунар. научн. конф. СПб.: Нестор-История, 2010. – 820 с.

Гамалей Ю.В. Климатический адаптогенез жизненных форм высших растений. Успехи современной биологии. 2015, т.135, №4, с.323-336.

Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.:Наука, 1976. 297 с.

Гениш Г. Выращивание кристаллов в гелях. М. 1973. 113 с.

Герасимов Ив.П. Перегнойно-карбонатные почвы Сочинского района и переход их в бурые лесные. Тр. Почвенного ин-та им. В.В.докучаева, т.XXX, 1949.

Герасимов Ив.П. Перегнойно-карбонатные мерзлотные почвы Алдано-Ленского междуречья. Почвоведение, №2, 1965. с. 32-42.

Глинка К.Д. Почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1935. 625 с.

Голенецкий С.П., Малахов С.Г., Степанок В.В. К вопросу о природе глобальных атмосферных выпадений и аэрозолей. Астроном. Вестн., 1981, т.15, №4, с.226-233.

Голенецкий С.П., Степанок В.В. Кометное вещество на Земле. Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск, Изд. «Наука» Сибирское отделение, 1983. с.99-122.

Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 470 с.

Горшков С.П. Стихийные бедствия, природа и человек // Природопользование и устойчивое развитие. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 106–134.

Докучаев В.В. К учению о зонах природы. Избрю тр. М.: Изд. АН СССР, 1949. т.4. с.481-507.

Докучаев В.В. Сочинения. Т.У1. М.:Изд.АН СССР, 1951. 620 с.

Дюшофур Ф. Основы почвоведения. М.:Прогресс, 1970. 591 с.

Елина Г.А., Кузнецов О.А., Максимов А.И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.:Наука, 1984.

Жданов Ю.А. Узловое понятие современной теоретической химии. Вопросы философии, 1977, №1. с.12-23.

Зольников В.Г., Еловская Л.Г., Тетерина Л.В., Черняк Е.И. Почвы Вилойского бассейна и их использование. М.:Наука, 1962.

Зонн С.В. Эволюция почв в лесных биогеоценозах. Почвоведение, № 10, 1963. с. 1-13.

Иванова Е.Н. Горно-лесные почвы Среднего Урала. Тр. Почв. Ин-та им. В.В.Докучаева. Т.XXX, 1949.

Иванова Е.Н., Ногина Н.А. О почвах Польши и их классификации. Почвоведение, №3, 1959. с.63-67.

Ильин Р.С. Происхождение лессов. М.:Наука, 1978. 235 с.

Каверин Д.А. Автоморфные почвы на двучленных породах в средней тайге Европейского Северо-Востока. Автореф. канд.дисс. М, 2004.

Каверин Д.А., Жигунов Е.В. Классификация таежных почв на неоднородных породах Европейского Северо-Востока России.

Керженцев А.С. Функциональная экология. М.:Наука, 2006, 259 с.

Керженцев А.С. Бесконфликтный переход биосферы в ноосферу - разумный выход из экологического кризиса. Вестник РАН, 2008. т.78, № 6, с.513-520.

Керженцев А.С. Новое перспективное научное направление. Вестник РАН, 2012. т. 82, №5.с. 432-440.

Керженцев А.С. Породообразующая роль биоты. Вестник РАН, 2017, т.87, № 6. с. 57-63.

Керженцев А.С. Лекции по функциональной экологии. LAMBERT Academic Publishing, 2014. 186 с.

Керженцев А.С., Остроумов В.Е. Оценка скорости континентального осадконакопления при формировании белгородской почвенно-осадочной последовательности. Теоретическая и прикладная экология, 2017, №2. с.47-51.

Керженцев А.С., Тращев Р.В. «Двойная карусель» сукцессионного процесса в региональной экосистеме. Экология, 2011, №6, с. 409-416.

Ковда В.А. Биосфера и человечество. с.7-52. (Доклад ЮНЕСКО. Париж, 1968). Биосфера и ее ресурсы. М.:Наука, 1971. 312 с.

Ковда В.А. Основы учения о почвах. В 2-х томах. М.:Наука, 1973. т.1. с 111.

Ковда В.А. Биогеохимический круговорот и почвообразование. Биологический круговорот и процессы почвообразования. Пушино ОНТИ, 1984. 162 с.

Ковда В.А. Роль и функции почвенного покрова в биосфере Земли. Проблемы почвоведения. Советские почвоведы к XIУ Международному конгрессу почвоведов. М.:Наука, 1990. с.3-9.

Ковда В.А., Бугровский В.В., Керженцев А.С., Зеленская Н.Н. Модель трансформации органического вещества в почве для количественного изучения функции почвы в экосистемах. Докл. АН СССР, 1990, т.312, №3. с. 759-762.

Ковда В. А., Керженцев А. С. Экологический мониторинг: концепция, принципы организации // Региональный экологический мониторинг. М.: Наука, 1983. С. 7–14.

Ковригин С.А. К характеристике лесорастительных свойств комплекса перегнойно-карбонатных почв. Почвоведение, №8, 1939. с.36-62.

Колеватых Е.А. К вопросу о генезисе и геохимии покровных суглинков Вятско-Камского Предуралья. Литосфера, 2010. №6, с.55-65.

Колчинский Э.И. Эволюция биосферы: историко-критические очерки исследований в СССР. Л.:Наука, 1990.

Кузнецов В.Г. Литология микробиолитов. Вестник РАН, 2015. т.85, №12. с. 1092-1102.

Кузнецов В.Г. Бескаркасные рифы – типы, строение, положение в геологическом разрезе. Литология и полезные ископаемые. 1996, №5-6.

Коссович П.С. Основы учения о почве. Ч.11, вып.1. СПб, 1911.

Кропоткин П.А. Современная наука и анархия. М.:Прогресс, 1990. 64 с.

Кузнецов В.Г. Литология микробиолитов. Вестник РАН, 2015. Т.85, №12. с. 1092-1102.

Лапо А.В. Следы былых биосфер. М.: Знание, 1987. 208 с.

Лапенис А.Г. Принцип биогеохимической селекции организмов и направленная эволюция биосферы. Рассеянные элементы в бореальных лесах. М.:Наука, 2004. 616 с.

Лебедев А.Ф. Перегнойно-карбонатные почвы и переход их в подзолы. Журнал оп. агрономии. Кн. V, 1906.

Левченко В.Ф. Эволюция биосферы до и после появления человека. СПб.:Наука, 2004.

Лейн Ник. Лестница жизни. Десять величайших изобретений эволюции. М.: АСТ, 2014. 528 с.

Личков Б.Л. Современный литогенезис на материковых равнинах. Изв. АН СССР, 1945. Сер. Географич. И геофизич., Т.1X, № 5-6. с.547-564.

Лучинина В.А. Кембрийские водорослевые постройки и фосфатогенез. Фанерозойские рифы и кораллы СССР. М.:Наука, 1986. 237 с.

Люндгорд Г. Влияние климата и почвы на жизнь растений. М.: Сельхозгиз, 1937. 91 с.

Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. М.Мир, 1983.

Марчук Г.И., Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной экологии. М.: Наука, 1992. 278 с.

Мазановский Ю. О перегнойно-карбонатных почвах (рендзинах) Привислянского края. Журнал оп. агрономии. Кн.IV, 1903.

Малевский К.И. Исследование продуктов выветривания мергеля при его переходе в в слой растительной почвы. Записки Александровского института сельского хозяйства и лесоводства. Варшава, 1878.

Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. М.:Колос. 1984. 223 с.

Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия. Матер. IУ Международного семинара. Сыктывкар, Геопринт, 2007. 248 с.

Неуструев С.С. Почвенная теория лессообразования. Природа, № 1-3, 1925.

Неуструев С.С. Почвенная теория лессообразования. Природа, № 1-3, 1925.

Неуструев С.С. Генезис и география почв. М.:Наука, 1976. 327 с.

Ногина Н.А. Влияние пород на почвообразование в горной части Среднего Урала. Тр. Почвенного ин-та им. В.В.Докучаева. Т.ХХVIII, 1948.

Остроумов В.М. К вопросу о генезисе и эволюции перегнойно-карбонатных почв в Бие-Чумышской лесостепи. Изв. Алтайского отд. Геогр. об-ва СССР. Вып. 2, 1963.

Полынов Б.Б. Кора выветривания. Ч.1. М.:Изд.АН СССР, 1934.

Пономарева В.В., Мясникова А.М. К характеристике процесса гумусообразования в дерново-карбонатных почвах. Почвоведение, №12, 1951. с. 721-735.

Пономарева В.В., Мясникова А.М. Материалы по изучению гумуса и некоторые вопросы генезиса дерново-карбонатных почв. Уч. Записки ЛГУ, № 174, 1954.

Путеводитель научных полевых экскурсий VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с зарубежным участием научной конференции «Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны», Белгород, 15–22 августа 2016 г. Под ред. Ю.Г.Чендева. М.-Белгород. БелГУ, 2016. –122 с.

Пучковский С.В. Эволюция биосистем. Факторы микроэволюции и филогенеза в эволюционном пространстве-времени. Ижевск, Удмуртский университет, 2013.

Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. 366 с.

Ризположенский Р.В. Естественная история Казанской губернии. Почвы Казанской губернии. Тр. Ассоц. Естествоиспытателей при Казанском ун-те. 1892. т.24. с.6-24.

Роде А.А. Действие углекислого кальция на почву. Тр. Лесотехнич. Академии. Т. 34, 1927.

Родман Б.Б. Поляризованная биосфера. Принцип размещения человеческих поселений с минимальным ущербом для окружающей природы // Городская среда и пути ее оптимизации. М.: Изд-во АН СССР, 1977. С. 193–205.

Сабо И., М.Мартон, Л.Варга, Ш. Шенфельд. Комплексные почвенно-биологические исследования на рендзинах. Почвоведение, №10, 1962. с. 85-95.

Сибирцев Н.М. О почвах Привислянского ерая. Тр. Вольн. экон. об-ва. №1, 1896. Избр. соч. в 3-х томах. Т.1. М.:Сельхозгиз, 1951. 472 с.

Симакова А.Н., Пузаченко А.Ю. Реконструкция растительного покрова Русской равнины второй половины позднего неоплейстоцена и среднего голоцена. С 404-430. Биосфера-экосистема-биота в прошлом Земли: палеобиогеографические аспекты. М.:Наука, 2005. 512 с.

Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент. Изучение и освоение природной среды. М.:Наука, 1976. с. 150-164.

Соколов И.А. Загадочные феномены и проблемы их генезиса. С.165-195. Почвообразование и экзогенез. М: Почв. Ин-т им. В.В.Докучаева, 1997. 244 с.

Соколовский А.Н. Грунтознавство. Харьков-Днепропетровск, 1933.

Субетто А.И. Библиография работ (1970-2011). Юбилейное издание, посвященное 75-летию автора. Под научн. ред. д.э.н., профессора А.А.Горбунова. СПб, Астерион, 2012. 607 с.

Суховольский В.Г. Экономика живого. Новосибирск, Наука, 2004. 140 с.

Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005. 232 с.

Тимофеев-Ресовский Н.В. Истории, рассказанные им самим, с письмами, фотографиями и документами. М.:Согласие, 2000. 880 с.

Тихеева Л.В. О рендзинах и подзолистых почвах в области Силурийского плато. Тр. Почв. Ин-та. Им. В.В.Докучаева, вып.6, 1932.

Урсул А.Д., Урсул Т.А. Универсальный эволюционизм. М.:РАГС, 2007.

Урсул А.Д. На пути к праву устойчивого развития: концептуальные проблемы// Теоретическая и прикладная экология. 2008. №1. С. 20-31.

Федонкин М.А. Роль водорода и металлов в становлении и эволюции метаболических систем. Проблемы зарождения и эволюции биосферы. Ред. Э.М.Галимов, Гл. 5, с. 417-439. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. 552 с.

Фаминцын А.С., Баранецкий О.В. К истории развития гонидий и образования зооспор у лишайников. Изв. Импер. Акад. Наук. Сер. 6, 1867. т.11, №9.

Шварц С.С. Эволюция и биосфера. С. 213-228. Проблемы биогеоценологии. М.:Наука, 1973. 232 с.

Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.:Наука, 1980. 278 с.

Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. Изд.Наука, Сибирское отд. Новосибирск, 1968. 223 с.

Юшкин Н.П. Структура и проблемы биоминералогии. Сыктывкар, Геопринт, 2003. 20 с.

Юшкин Н.П., Биоминеральные взаимодействия: от биоминералогии к витаминералогии. Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН, 1997, вып. 93. с. 5-30.

Юшкин Н.П. Минеральный мир и биосфера: минеральный организобиоз, биоминеральные взаимодействия, коэволюция. С.5-7. Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия. Сыктывкар, Геопринт, 2007. 248 с.

Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М.:Высшая школа, 2006.

Яблоков А.В. Биосфера: не «устойчивое развитие», а «кризисное управление». С.285-300. Экология, политика и гражданское общество. Сб. статей. М.:РОДП «ЯБЛОКО», 2014. 368 с.

Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Переход к управляемой эволюции биосферы // Наука в России. 2014. № 4. С. 49–54.

Яблоков А.В. О концепции популяционного груза (обзор) // Гигиена и санитария – 2015. № 6. С. 11–15.

Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Очерки биосферологии. 1. Выход есть: переход к управляемой эволюции биосферы // *Philosophy & Cosmology*. 2015. Том 14. С. 91–117.

Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Очерки биосферологии. 2. Биосфера как живая система. Об особенностях эволюционного процесса на биосферном уровне. *Philosophy & Cosmology*, 2016. v. 17. pp. 152-176.

Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Очерки биосферологии. 3. О гармонизации взаимодействий человека и биосферы. *Philosophy & Cosmology*, 2017. v. 18. pp. 54-83.

Commoner B. *The closing circle: nature, man, and technology*. New York: Knopf, 1971. 326 p.

Kershaw W., Crosquin S., Collin P-Y. Microbiolites and rapid environmental change in carbonate systems: paleogeographic and paleoecological perspectives. 19-th IAS. 2014. Geneva.

Krasilov V.A. *Evolution: System Theory*. Sofia-Moscow: Pensoft, 2014.

Kropotkin P.A. *Mutual aid: A factor of evolution*. (1902). //Ed. P.Avrich. N.Y.: N.Y. Univ. press, 1972.

Marley R.J. Cretaceous and Tertiary climate change and the past distribution of megathermal rain forests. // *Tropical rainforest responses to climate change*.// eds. M.V.Bush, J.R.Flenley. Berlin. Springer. 2007. p.1-31.

Musieriwicz A. *Gleboznawstwo szczegobowe*. Warszawa, 1958.

Osborne C.P. Atmosphere, ecology and evolution: what drove the Miocene expansion of C4 grasslands? // *Journal of Ecology*, 2008. vol.94, h. 35-40.

Rutherford S., Jumdrquist S. Hsp90 as capacitor for morphological evolution. *Nature*, 1998. vol.396.p. 336-342.

Vernadsky V.I. *The Biosphere* (1926). Engl. Transl. Ed. M.A.S. McMenamin and L.Margulis. N.Y. Nevramont. 1998.

Volk T. *Gaia's body: Towards a physiology of Earth*. N.Y. Springer, 1998.

Ugolini F.S. and Tedrow J.C.F. Soils of the Brooks Range, Alaska: Rendsina of the Arctic. *Soil Science*. 1963. v. 96, No 2.

Wilson E.O. *Half-Earth: our planet's fight for life*. N.-Y.: Liveright, 2016. 272 p.

**More
Books!** 



yes
I want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.morebooks.de

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.morebooks.de

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Bahnhofstr. 28
D - 66111 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscrptum.com
www.omniscrptum.com

OMNIScriptum 