**Почвообразовательные процессы и развитие почв во времени**

**Оглавление**

Введение

Глава 1. Развитие представлений о почвообразовательных процессах. Сравнение способов систематики

Глава 2. Современное понимание элементарных почвообразовательных процессов

Глава 3. Развитие процессов во времени - стадийность, смена при развитии почвы, последовательность, характерное время, завершённость

Список литературы

**Введение**

Почва, её образование, развитие и эволюция есть результат преобразования литогенной основы биогеоценоза под действием процесса, называемого Общим почвообразовательным. Он есть непрерывное, объективно существующее, происходящее в твёрдой литогенной основе явление, во многом, но не во всём обусловленное биологическим круговоротом веществ. На него откладывает отпечаток условия климата, положения в рельефе. Это очень сложное явление можно попытаться расчленить, во-первых, на происходящие многочисленные реакции физико-химического свойства, в том в числе проходящие в живых организмах, миграции почвенных растворов и газов, передвижение твёрдой фазы. Эти реакции чрезвычайно взаимосвязаны и взаимообусловлены между собой. Однако, во-вторых, среди них можно выделить сочетания, друг с другом связанные сильнее, чем с остальными (Герасимов, Глазовская, 1960). Если подойти с другой стороны, то можно заметить, что в почве есть многочисленное количество различных свойств и признаков (таких, как содержание гумуса, органоминеральных и минеральных компонентов - легкорастворимых солей, карбонатов, вторичных минералов, содержание этих компонентов обуславливает определённый гранулометрический состав, цвет почвы и т.д; все эти характеристики в пространстве почвы образуют элементы со сходными сочетаниями – морфоны и генетические горизонты), не свойственных изначальной почвообразующей породе. Каждый из этих признаков образовался в определённом пространстве в результате какого либо процесса, состоящего в многократном противоречивом повторении физико-химических реакций и передвижений, как правило циклических. Сочетание однотипных свойств в пространстве, приведшее к выделению в ранее однородной толще морфонов и горизонтов, свидетельствует о существовании и однотипных процессов, их образующих. Эти процессы и есть те упомянутые тесные сочетания физико-химических реакций, образующие признаки почвы или группы взаимообусловленных признаков. Различные исследователи эти уровни в сложной иерархии почвообразующих процессов (ПП) между общим ПП и отдельными реакциями – микропроцессами называли как «частный», «признакообразующий» «элементарный» и др. почвообразовательный процессы (в данной работе используется термин «элементарный почвообразовательный процесс» – ЭПП). О действительном существовании определённых, более тесных сочетаний некоторых микропроцессов могут свидетельствовать как пространственная разобщённость этих сочетаний (как по профилю почв, так и в разных почвенных телах), так и временная, при развитии почвы. Последняя, соответственно, характеризуется сменой системы идущих процессов в почве – стадийности их развития.

Актуальность процессного направления в современном почвоведении не вызывает сомнения. Представление происходящего в почве процесса даёт возможность понять генезис почв, полностью раскрыть сущность коррелятивной связи «факторы почвообразования – свойства почв», дать прогноз их развития (что сейчас особенно важно в связи с интенсивным антропогенным воздействием), осуществить правильную генетическую классификацию. Вполне закономерно, что для раскрытия сущности глобального почвообразовательного процесса исследователям потребовалось произвести их разделение «вширь» - дать классификацию общих почвообразовательных процессов, и «вглубь» - совершить иерархическое разделение, естественно с собственной классификацией на каждом выделенном уровне.

Итак, целью данной работы было всесторонее рассмотрение концепции элементарных почвообразующих процессов, выявлению наиболее «проблемных» мест и попыткой их решения.

Были поставлены следующие основные задачи:

проследить развитие концепции почвообразовательного процесса в отечественной науке;

охарактеризовать основной набор элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) и сравнить современные взгляды различных исследователей на их выделение, разделение и характеристику;

проследить переходы с низких иерархических уровней разделения процессов на более высокие

попытаться представить эволюцию и развитие почв в свете концепции почвообразовательных процессов – как смену ЭПП, оценить их скорость.

дать краткую характеристику возможного приложения этой концепции к практике.

С нашей точки зрения, концепция ПП в будущем разрешит основные вопросы почвообразования. Вне её останется не менее серьёзная тема как функционирование почв, однако отчасти, а может и полностью (в зависимости от ширины понятия «концепция почвообразовательных процессов») это направление может быть развито глубокой разработкой уровня т.н. микропроцессов, немного затронутых и в данной работе. Для полного представления почвы как своеобразного естественного тела остаётся уже активно разрабатываемая теория экологических функций почв.

**Глава 1. Развитие представлений о почвообразовательных процессах. Сравнение способов систематики**

Представление о почвообразовательных процессах, по нашему мнению, занимает центральное место в генетическом почвоведении. Именно благодаря ему возможно развитие науки от описательного этапа, через объяснение и раскрытие внутренних законов, определяющих структуру и функционирование объекта науки, до прогноза и управления.

В своём развитии концепция почвообразовательных процессов прошла ряд этапов. Зародившись в трудах основателя генетического почвоведения В.В. Докучаева, у дальнейших последователей шло её формирование по традиционному для системно и иерархично организованных объектов пути – они попытались расчленить общий почвообразовательный процесс на составляющие, и выделить более низкие ступени иерархии. Параллельно с этим исследователи описывали всё новые виды процессов, встречающиеся в природе и в антропогенных почвах, выдвигались различные способы их классификации на выделенных иерархичных уровнях. Наука стремилась понять самую сущность, механизм почвенных и почвообразующих процессов; для этого приходилось уходить чуть ли не в молекулярный уровень взаимодействия. Большие сложности возникли с выделением и классификацией из общего почвообразовательного процесса его элементов, подчас не наблюдаемых раздельно функционирующими. В общем, на сегодняшнем уровне развития концепция ещё далека до своего завершения.

Выделим основные этапы, пройденные наукой, подробнее останавливаясь на учёных, сыгравших наибольшую роль в этом развитии.I этап. Описание общего почвообразовательного процесса как результата действия факторов-почвообразователей. Докучаев, Сибирцев.

В.В. Докучаев, 1881

Основоположник генетического почвоведения, и по сути концепции почвообразовательного процесса Василий Васильевич Докучаев (цит. по Вильямс, 1948) в своих сочинениях не употреблял собственно термина «почвообразовательный процесс», хотя, конечно, мысль об образовании, происхождении почвы пронизывает его основные сочинения и является одним из основных вопросов, поставленных им для решения: «какой, в конце концов, способ происхождения данной почвы [чернозёма]…?» (Докучаев, 1881). «Под главной парадигмой докучаевского почвоведения… следует понимать то классическое определение сущности образования почв, которое ещё в 1881 г. было сформулировано В.В. Докучаевым: «почвы всегда имеют своё собственное происхождение; они всегда и всюду являются результатом совокупной деятельности материнской горной породы, живых и отмерших организмов (как растений, так и животных), климата, возраста страны, и рельефа местности» (Докучаев, 1881)» (Герасимов, 1986).

Понятно, что и до Докучаева многие исследователи выдвигали гипотезы происхождения почв, и в частности чернозёмов. Так, ещё в 1763 г. великий российский учёный Михаил Васильевич Ломоносов, опережая научное сознание современников, писал: «чернозём (перегной) произошёл от согнития животных и растительных тел со временем» (цит. по Захаров, 1927). Предпосылки понимания почвообразовательного процесса сформировались даже у простого населения – крестьянства: «общенародное мнение о происхождении чернозёма от согнивания растений, при содействии атмосферных влияний и от замешивания образовавшегося перегноя с рыхлыми суглинками подпочвы». Однако именно Докучаевым это было сделано систематизировано, введены понятия и теории происхождения почв, выявлены факторы, воздействующие на образование почвы как самостоятельного естественноисторического тела. В особенности в этом направлении было важно выделение возраста страны как отдельного фактора. Всё это явно свидетельствует о том, что Докучаев образование почвы воспринимал именно как процесс, а не какое-либо мгновенное явление. Широко известны его исследования почв Ладожской крепости, где он оценивал скорость почвообразовательного процесса, им так и не называемого. Употребляемые им сочетания «способ, или процесс происхождения почвы» (Докучаев, 1881, с 383) можно считать синонимом «процесса почвообразования».

Впервые термин «почвообразующий процесс» употребил Сибирцев, который смог не только ответить на главный вопрос «почему» образовались те или другие почвы, но и подошёл, пока ещё издали, к вопросу о том «как, каким образом» они возникли: каждому типу почв был поставлен в соответствие их образующий процесс. По сути, термином «почвообразовательный процесс» (ПП) Сибирцев обозначил то, что имел в виду Докучаев под «совокупной деятельностью» факторов-почвообразователей, «способом происхождения» почвы.

Классификация почв В.В. Докучаева основалось именно на типах почвообразования, комбинации энергетических и материальных факторов, участвующих в процессе образования почвы. Как увидим ниже, она очень сходна с классификацией ПП Сибирцева.

Зональные

Гляциальные (тундровые)

Светло-серые подзолистые

Ореховатые лесные

Чернозёмные

Тёмно-каштановые

Светло-бурые

Интразональные

Краснозёмные

Синевато-серые

Скелетные

Тёмно-бурые наземно-болотные

Белёсые вторичные солонцы

Азональные:

Эоловые

Аллювиальные

Болотные

(Классификация 1896 г)

Система классификации была основана не на сочетании факторов почвообразования, а на свойствах почв, которые были функцией этого определённого естественного сочетания и изменялись у почв с другим сочетанием (Герасимов, 1964). Герасимов схематично её представил в виде теоретической концепции «свойства почвы ← факторы почвообразования»

Кроме того, Докучаев несколько раз упоминает о процессах более низкого уровня, чем общий почвообразовательный. Так, он решает вопрос о роли леса в происхождении чернозёма: «для решения этого трудного вопроса… нам необходима масса данных, которых у нас нет… главным образом а) сравнительное количество годового прироста как древесной, так и травянистой растительности, - как подземных, так и наземных частей их; в) сравнительное годовое количество гниющей растительности и в том, и в другом случаях; с) характер процессов гниения в дремучих лесах и на открытых степях и пр.» (Докучаев, 1881, 376с.). Далее он, сравнивая процессы накопления гумуса в лесных и степных почвах, упоминает и о собственно механизме процесса гниения: «самый процесс гниения подземных частей древесных растений говорит не в пользу участия лесов в образовании чернозёма… гниение в них идёт обыкновенно со внутри кнаружи, весьма может случиться, что корень продолжает ещё занимать своё старое место, не смешиваясь с окружающей его землёй, в конце концов совершенно превратиться в летучие вещества» (там же, 379). Упоминание о процессе мы находим и в случае рассмотрения В.В. Докучаевым процессов проникновения гумуса – с поверхности, или от гниющих корней; он указывает на влияние климата на характер процессов гниения.

Под процессом гниения здесь подразумевается не только почвенный процесс (происходящий циклически, как замерзание-оттаивание), но и почвообразующий процесс, приводящий к образованию такого важного свойства почвы как гумус, и даже к образованию самой почвы. В образовании чернозёмов, конечно заслуженно, процесс гумусообразования принимался за основной, собственно приводящий к образованию этой почвы. Но более сложные процессы, такие как подзолообразовательные, иллювиирование Докучаевым и его коллегами исследователями ещё не вводились (иллювиальный горизонт В Докучаев нызывал переходным к материнской породе).

Таким образом, возможности употребления собственно термина «почвообразовательный процесс» не было по нескольким причинам, в числе которых было, во-первых, слабое представление о механизме процесса – представлялась возможность только сопоставлять комбинацию факторов почвообразования и почвенное тело, без раскрытия их сущностной взаимосвязи, что и было сделано В.В. Докучаевым в знаменитой дуаде «факторы – свойства». Во-вторых, для введения термина было необходимо наличие в употреблении хотя бы небольшой системы почвообразующих процессов, характерных для разных типов почв, чему не удовлетворяла скудная информация, имеющаяся только для отдельных, довольно простых и не вызывающих сомнения происходящих процессах, таких как гниение или выветривание, и то основанная во многом на гипотезах. Термин «почвообразовательный процесс» не вводился, как не имеющий примера, практического приложения.

Н.М. Сибирцев, 1900

Итак, собственно термин «почвообразовательный процесс» впервые (цит. по Самойлова, 1986) употребил Николай Михайлович Сибирцев в курсе лекций «Почвоведение», прочитанных в Институте сельского хозяйства и лесоводства в Ново-Александрии (Сибирцев, 1900, вып. 2, 21с.). Научное определение почвы он выводил из рассмотрения «процессов происхождения, или формирования почв»: почвы – поверхностные горизонты горных пород, «в которых общие динамические процессы необходимо сочетаются с биологическими» (Сибирцев, 1900).

Можно сказать, уже в его сочинениях наметился переход от докучаевской диады «факторы почвообразования – свойства почв» к герасимовской триаде «факторы почвообразования – процессы почвообразования – свойства почв». Н.М. Сибирцев указывает: «при расчленении на естественные группы бесконечного ряда почв, наблюдаемого нами на земной поверхности, должны быть сформулированы те сочетания естественных условий, которые ведут почвообразовательный процесс (курсив мой – Т.К.) в определённом направлении, к определённому и постоянному, в главных своих чертах, результату… Мы можем, следовательно, установить такой тип почвообразования, в результате которого будут получаться, положим, почвы чернозёмной группы… Характерная черта их заключается в особом… накоплении в них перегнойных веществ, обусловленном развитием… травяно-степнго пояса. Куда простирается этот пояс со свойственными ему физико-географическими, геологическими и биологическими особенностями, там идут чернозёмо-образовательные процессы и там получаются почвы чернозёмного типа». Сибирцев дополнил учение Докучаева о факторах почвообразования, указав, что из многочисленного количества комбинаций факторов почвообразования в природе представлены определённые их сочетания – ландшафты, с приуроченными к ним типами почв. Поэтому общее количество типов почв хоть и велико, но не бесконечно (Герасимов, Глазовская, 1960).

В связи с этим Сибирцевым были выделены следующие типы почвообразования, или общие процессы (чернозёмо-образовательные, подзоло-образовательные). Классификация эта совершено соответствует предложенной им классификации почв, близкой к классификации В.В. Докучаева 1896 г.

Класс зональных типов:

латеритный,

атмосферно-пылевой (эолово-лёссовый),

пустынно-степной (каштановые и бурые солонцеватые в терминологии Докучаева),

чернозёмный,

серо-лесной,

дерновый и подзолистый,

тундровый;

Интразональные:

солонцовый,

болотный,

дерново-карбонатный;

Азональные:

пойменный,

скелетный,

грубый (неполные, слаборазвитые почвы)

Как видим, классификация почвообразовательных процессов проведена на верхних уровнях иерархии – процесса образования всей почвы в целом. Это первое деление – крупный шаг по осознанию механизма перехода от факторов-почвообразователей к свойствам почв, но сущность его ещё совершенно не раскрыта. Главный этап предстоит пройти более поздним исследователям. Только иногда, как и у Докучаева, упоминаются единичные более простые процессы – процессы выветривания, накопления перегноя – гумуса, и некоторые другие, для которых механизм был более-менее был выявлен. Однако Сибирцев хорошо понимал значение концепции почвообразовательного процесса: так, более дробную генетическую классификацию типов почв он предложил проводить по степени и характеру развития «внутренних процессов, которые сообщают почве общие черты данного генетического типа», что в целом поддерживается и современными почвоведами. «В особенности ценны, – писал он – те морфологические элементы и признаки почв, которые изучены с генетической стороны, относительно которых мы знаем, что они значат, чем обусловлены и каких внутренних свойств и процессов, приуроченных к данной почвенной среде, являются они указателями и символами» (Сибирцев, 1900).

II этап. Выделение составляющих общего ПП – элементарных почвенных процессов. Неуструев, Захаров, Ковда, и др.

С.С. Неуструев, 1916

Дальнейшее исследование вопроса классификации и выявления процессов низких иерархических уровней принадлежит Сергею Семёновичу Неуструеву. «Существующие почвенные тела, – уже утверждал он, – суть результат почвообразовательных процессов. Среди последних можно различать элементарные процессы как гумификация (образование гумуса), выщелачивание, солеобразования и т.д., и процессы более или менее сложные, создающие известную совокупность почвенных горизонтов, характерную для определённого типа почвообразования». Так, Неуструев первым предложил термин элементарные процессы, подразумевая под ним нечто близкое к современному пониманию: почвенные процессы более сложного типового почвообразовательного процесса, приводящего к формированию почвы определённого типа. Типовой почвообразовательный процесс Неуструева несколько отличается от общего почвообразовательного процесса А.А. Роде: это не общий процесс образования индивидуального почвенного тела, а некоторая совокупность элементарных процессов, в результате прохождения которых может образоваться как почва данного типа, так, при наложении на него другого типового процесса, почва переходного типа. Поздние исследователи более определённо высказывались по образованию переходных почв как результата наложения разных элементарных процессов, свойственных разным типам почв. Так, все известные почвенные разновидности Неуструев выводил из сочетания 13 типов почвообразования: «эти типы почвообразования дают в почвах весьма часто сочетания, обуславливающие затруднения при классификации почв». Он отмечал, что «мы ещё недостаточно знаем сущность почвообразовательных процессов, некоторые наши соображения гипотетичны, другие совсем гадательны, благодаря недостаточной изученности почвенных минералов и органического вещества почвы, почему всякая попытка расклассифицировать почвенные процессы может быть лишь некоторым несовершенным приближением» (Неуструев, 1914).

Классификация почвообразовательных процессов, проведённая Неуструевым, тем не менее представляет большой интерес. Типовые процессы он разделил, во-первых, на три отдела по степени увлажнения (автоморфные и слабогидроморфные, гидроморфные), затем среди автоморфного почвообразования выделил классы с энергичным распадом минеральной массы– первичных алюмосиликатов – до кремнезёма и полуторных оксидов (латеритный, подзолообразовательный и солонцовый типы), с умеренным распадом минеральной массы без разрушения каолинового ядра – степной (недостаток влаги) и горнолуговой (недостаток тепла), со слабым распадом минеральной массы.

Отдел аутоморфного и слабогидроморфного почвообразования.

Класс процессов с энергичным распадом минеральной массы

Латеритный тип – вынос кремнезёма и накопление в почве полуторных оксидов (1)

Вынос полуторных оксидов и накопление кремнезёма

Подзолистый тип – в кислой среде при среднем увлажнении (2)

Солонцеватый тип – при щелочной среде, недостаточном увлажнении и присутствии соды (3)

Класс процессов с умеренным распадом минеральной массы

Горнолуговой тип – накопление гумуса в условиях низкий температур и достаточном увлажнении с выносом солей (4)

Степной тип – накопление гумуса в условиях относительной сухости и присутствия солей (5)

чернозёмный подтип (5а)

каштановый подтип (5б)

Серозёмный тип – со слабым накоплением гумуса в условиях сухого климата (6)

Класс процессов со слабым распадом минеральной массы

Тундровый тип – в условиях низкой температуры с накоплением грубогумусного вещества (7)

Пустынный тип – в условиях крайней сухости и осоления (8)

Отдел гидроморфного почвообразования. Здесь им была показана иерархия - выделены типовые и элементарные процессы:

Класс процессов с преобладанием анаэробных условий

в органической массе

гумусообразовательный луговой процесс при слабом и временном переувлажнении под луговой растительностью

торфообразовательный процесс – при сильном переувлажнении

в минеральной среде, с образованием закисных форм железа – глееобразовательный процесс

Класс процессов с преобладающим значением капиллярного перемещения

процессы передвижения и осаждения из растворов гумуса, соединений железа и марганца

процесс орштейнообразовательный

процесс рудообразовательный

процессы передвижения и отложения солей – солончаковый процесс

Перечисленные элементарные процессы гидроморфного почвообразования «различно комбинируются в почвах, создавая различные почвы избыточного увлажнения. Наиболее распространены следующие типичные сочетания»:

Полуболотный – идущее гумусообразование и глееобразование (9)

Болотный, - сочетание гумусо-, торфо-, рудо- или орштейнообразования (10)

Солончаковый тип (11)

Отдел эндоморфного почвообразования

Класс процессов нейтрализующим влиянием карбонатной материнской породы на гумусовые кислоты почв – рендзинный тип (12)

Класс примитивного типа – со слабым развитием почвообразовательных процессов (13)

собственно примитивные почвы, образующиеся в условиях:

низкой температуры (13а)

крайней аридности (13б)

Грубые почвы, образующиеся при слабом развитии растений или смыве (13в).

Иерархия процессов Неуструева, как и отмечал он сам, несовершенна. Определённые свойства одних почв он объяснял течением типового почвообразовательного процесса (подзолообразовательного, латеритного…), а другие свойства этих же почв (торф, железистые образования) объяснялись прохождением элементарных процессов. Более поздние исследователи генезис отдельных почвенных свойств объясняли именно течением элементарного процесса; результатом типового процесса является вся почва как совокупность свойств и горизонтов. Иерархия должна затрагивать все уровни – почвенный признак есть одновременно результат как длительного протекания микропроцессов, так и элементарного процесса, так и общего почвообразовательного.

В описании латеритного процесса Неуструев не учитывает процесс гумусонакопления, слабо там проявляющийся, но имеющий важные последствия в выветривании. То есть во многих случаях типовой процесс низводится до элементарного, хотя и главного, диагностического. В других же случаях, как в случае с подзолообразовательным процессом, в него включается и гумусонакопление. Пример: «сущность подзолистого процесса выражается в переносе оснований и полуторных окислов из верхних горизонтов почвы в более глубокие, в накоплении в первых кремнезёма и свободных ненасыщенных кислот светлого оттенка…»

В солонцовом почвообразовательном процессе он упоминает такие явления как образование соды, распад алюмосиликатов под действием щелочного гидролиза, миграция в виде истинных растворов и золей гумусовых веществ, электролитическое их осаждение, перенос суспензий и др., сегодня нами называемые элементарными почвообразовательными процессами. Кроме того, Неуструев замечает, что «в солонцеватых почвах солонцовый тип почвообразования комбинируется с другими почвообразовательными процессами и наиболее чисто выражен в солонцах».

В общем, Неуструев предполагал разделять типовой процесс на исчерпывающие его элементарные (как в случае гидроморфного почвообразования), правда, не разработал более-менее полную их систему. Группировал он их по условиям, в которых они протекают, а не по механизму, или соответствующему почвенному признаку. Им была повторена деталь, замечанная и Сибирцевым – почвенные свойства и признаки должны иметь за собой процесс их образования, чем-либо должны быть обусловлены. «Главная задача исследователя заключается в том, чтобы подметить в данном почвенном образовании те процессы, которыми обусловлены морфология и химические свойства почвы» (Неуструев, Классификация… с.1, 1916). «Почвообразовательный процесс не только неоднороден в различных условиях, но сам представляет сложное явление, составляющееся из элементарных процессов, отдельных физико-географических явлений: та или иная степень и направление разложения минеральной основы и органического вещества; аэробный или анаэробный характер разложения; те или иные новообразования; энергия и направление выщелачивания, растворения и переноса и так далее» (Неуструев, 1931; цит.по Герасимов, 1973)

Список типов почвообразовательных процессов Неуструева практически повторяет таковой у Сибирцева, за исключением некоторых отличий, связанных скорее с появлением новой информации (дополнительно Неуструев выделяет горнолуговой, приводит и солончаковый процесс) и разных принципов систематизации (Сибирцев за основу взял зональность/азональность, Неуструев – сходную, но иногда не совпадающую автоморфность/гидроморфность). Выделение кроме типовых ещё и элементарных процессов не позволило Неуструеву выделять в отдельные типы почвообразования некоторые типы, к примеру, дерново-карбонатный процесс, где основным процессом является гумусонакопление, встречающееся во всех почвах. Серо-лесной процесс, в отличии от Сибирцева, он рассматривал как переходный между подзолистым и чернозёмным, не придавая ему уровня типового. Так, наметилось ещё более дробное деление, без которого невозможно бы было проводить изучение процессов образования почвы.

С.А. Захаров, 1927

Следующий этап развития концепции почвообразовательного процесса связан с именем профессора С.А. Захарова. Он выделил уже четыре уровня почвообразовательных и почвенных процессов: 1) общий процесс почвообразования, который совершается в толще данной почвы; 2) основные процессы, или процессы образования генетических горизонтов. При том уровне развития почвенной науки выделялось только три типа горизонтов, которые отмечали практически во всех почвах – гумусово-аккумулятивные, элювиальные, и иллювиальные, соответственно им он выделял три вида основных процессов (процессы образования гумусовых, элювиальных и иллювиальных горизонтов), плюс явления метаморфизации (дифференциации) почвенной массы; 3) «процессы, совершающиеся отдельно в каждом генетическом горизонте», их Захаров и назвал элементарными почвообразовательными процессами. Комбинация этих процессов в каждом горизонте и даёт типовой процесс, или генетический горизонт. К примеру, в подзолистом горизонте он перечисляет следующие – процессы растворения, выщелачивания, вымывания и оподзоливания; 4) элементарные процессы – «ряд более простых, иногда элементарных, физических, химических и биологических явлений, которые в горизонтах комбинируются между собою».

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Основные процессы | Элементарные почвообразовательные процессы | |
| Образование перегнойных и перегнойно-аккумулятивных горизонтов: | Гумификация | |
| Аккумуляция зольных элементов | |
| Оторфование | |
| Солончакообразование | |
| Образование элювиальных горизонтов | Выщелачивание и вымывание | |
| Оподзоливание | |
| Оглеение | |
| Осоложение | |
| Образование иллювиальных горизонтов | Иллювиация | солонцеобразование |
| карбонатизация |
| оглинение |
| ожелезнение |
| Дифференциация массы отдельных горизонтов | Образование почвенного раствора | |
| Образование перегноя | |
| Образование цеолитов | |
| Образование гуматов | |
| Образование поглотительных соединений | |

Все элементарные почвообразовательные процессы составляются, по Захарову, из следующего перечня элементарных процессов:

Элементарные физические процессы почвообразования

растворение

перемещение – результат взаимодействия силы тяжести, силы каппилярного поднятия и всасывающей силы корней.

выпадение из растворов

элементарные химические процессы почвообразования

гидратация и дегидратация

оксидация и дезоксидация

карбонатизация и декарбонатизация

силикация и десиликация

Элементарные биологические процессы почвообразования

минерализация биологических остатков:

гниение белков

аммонизация

нитрификация и денитрификация

брожение крахмала и др.

гумификация.

Таким образом, Захаров назвал ещё более низкий уровень разделения общего почвообразовательного процесса – элементарные (не почвообразовательные!) процессы и явления, которые в общем соответствуют микропроцессам А.А. Роде. Элементарные процессы Неуструева он назвал элементарными почвообразовательными (!) процессами, - почти в этом же смысле, будет использовать и развивать этот термин И.П. Герасимов. Конкретного определения термина Захаров не дал, указав лишь место в иерархии – между типовыми и элементарными процессами: «будем различать основные и "элементарные" почвообразовательные процессы, охватывающие лишь отдельные горизонты и слагающиеся… из совокупности физических, химических и биологических процессов». Так, он подметил две отличительные черты этого уровня – они являются элементами, составляющими процессов образования генетических горизонтов, и сами состоят из более мелких процессов.

Кроме того, Захаров впервые попытался разделить общий процесс почвообразования на исчерпывающие составные элементарные почвообразовательные процессы (у Неуструева были приведены лишь некоторые элементарные процессы). Он их сгруппировал по генетическим горизонтам, что в общем сходно, хотя и несколько различно, с дальнейшими исследователями при группировке по сходному механизму и результату, т.к. сходные генетические горизонты образуются сходными процессами.

Им выделено приблизительно 13 процессов; некоторые особо сложно и стадийно устроенные были разбиты на части – так, в процессе гумификации, как составляющие (или отдельные процессы) Захаров назвал разложение органических остатков, их механическое измельчение и растворение, затем или их минерализацию (аэробную и анаэробную), или собственно гумификацию (образование гумусовых соединений); наконец, он выделил гумофиксацию как закрепление гумусовых веществ и отдельный процесс – аккумуляцию, накопление зольных элементов. Другие процессы были разбиты, кроме стадий, на разные виды со сходным принципиальным механизмом, но происходящие в разных условиях и, соответственно, различающиеся по участвующему веществу. Так, он выделял виды иллювиирования – ожелезнение (для подзолов), окарбоначивание, соленакопление и др. Выделяемый Неуструевым процесс орштейнообразования он рассматривал как часть, или проявление процесса вмывания железистых соединений и закрепления там.

Выделенный уровень основных процессов в дальнейшем, в отличии от уровня элементарных почвообразующих процессов, не пошёл; выделение всё новых, отличающихся друг от друга горизонтов (вместо одного иллювиального горизонта В несколько – иллювиальный, метаморфический, карбонатный и др.) приводило к простому сопоставлению им и новых основных процессов, без выяснения сущности. В горизонте могут происходить довольно разные процессы, и для понимания образования его необходимо объяснить возникновение всех составляющих признаков и свойств – т.е. нужно выяснить образование их, и лишь потом производить компоновку в образование горизонта и всей почвы. Кроме того, один ЭПП может образовывать несколько сопряжённых горизонтов, что опять указывает на превалирующее значение этого уровня.

Далее, Захаров произвёл классификацию процессов высшего уровня (общих почвообразовательных), результат которых ясно определён – почва в целом, и классификация идёт строго по результату. В общем, идёт группировка разных сочетаний основных и элементарных почвообразующих процессов.

Почвообразование пустынь

Почвообразование сухих степей

Чернозёмообразовательный процесс

Подзолообразовательный процесс

Почвообразование холодных полярных областей

Почвообразование в высокогорных областях

Латеритообразовательный процесс

Болотообразовательный процесс

Солончакообразовательные процесс

Солонцеообразовательный процесс

Классификация не вызывает сомнений: разные почвы были образованы разными процессами. Так, Захаров не выделяет в отдельный процесс почвообразование примитивного и грубого типа, встречающееся у Неуструева, где процессы образования могут быть сходными, а отличается исходный материал.

III этап. Определение понятия ЭПП и механизма почвообразования. Роде, Герасимов, Глазовская.

А.А. Роде

Роде называл почвообразовательным процессом «часть круговорота веществ и энергии, происходящего между приземным слоем атмосферы, верхними слоями литосферы, грунтовыми водами и живыми организмами, именно ту его часть, которая представляет собой совокупность явлений превращения и перемещения веществ и энергии, идущих в поверхностных слоях коры выветривания» (Роде, 1947). Среди них наиболее существенными и характерными он считал «явления взаимодействия (обмена веществ и энергии) между этими слоями, образующими почву, и живыми организмами (главным образом растительностью)» (там же). Далее, Роде замечает характерную цикличность и периодичность большинства почвенных процессов (суточный, годовой и многолетние циклы). Эти циклы никогда не бывают замкнутыми, и «после окончания каждого цикла в почве создаётся некоторое остаточное изменение, представляющее собой итог данного цикла». «Эти остаточные изменения, - рассуждает Роде – слагаются в течение ряда лет в процессе эволюции почвы». В результате наблюдается прогрессивное накопление того или иного почвенного признака - выветривание первичных минералов, гумусонакопление, вымывание элементов, и т.п. Так, в этой монографии, посвящённой эволюции почвы, («Почвообразовательный процесс и эволюция почв», 1947) он вывел ряд важных положений касательно почвенных процессов – эволюция почвы есть результат почвообразовательного процесса, почвообразовательный процесс возникает при наложении многочисленных нескомпенсированных цикличных противоположно направленных процессах.

Далее Роде развивает теорию процессов. В 1958 году (Почвоведение, №9) он говорит о необходимости изучения почвенных процессов, их количественной характеристики (Роде, 1984). Здесь он проводит исследование сущности почвообразовательного процесса. Во-первых, Роде отмечает, что все без исключения явления, протекающие в почве, служат слагаемыми процесса почвообразования. Он выделяет следующие группы почвенных явлений (там же):

Распад первичных минералов – имеет физико-химическую природу, но в нём активное участие принимают как микроорганизмы, так и высшие растения, и органические кислоты;

Синтез и распад вторичных минералов – так же испытывает влияние микроорганизмов, воздействие органических кислот;

Разложение и синтез органических соединений – идут при участии микроорганизмов. Сюда включается и сопутствующие аммонификация и нитрификация, гумификация;

Разложение и синтез органо-минеральных соединений – по Роде, идёт преимущественно физико-химическим путём, но естественно с участием живых организмов;

Обмен ионами между почвенным раствором и твёрдой фазой почв – физико-химическая поглотительная способность;

Растворение и пептизация, выпадение в осадок из раствора и коагуляция

Нисходящее и восходящее передвижение растворов (вымывание и засоление)

Увлажнение и иссушение – физическая (увлажнение, иссушение) и биологическая (иссушение) природы

Нагревание и охлаждение – имеют физическую природу

В представленном списке, возможно, не хватает довольно важной стороны почвообразования – педотурбации – передвижение твёрдых фаз, реакций с газовой составляющей. Среди перечисленных процессов опять обращает на себя внимание противоположность большинства процессов. Практически единственным источником энергии для осуществления почвенных процессов является Солнце. Оно в основном обеспечивает «антиэлювиальный» характер миграции элементов – иссушение и подтягивание растворов, рост растений за счёт захвата элементов. (Роде, 1971) Напротив, гравитационная энергия Земли производит элювиальное движение.

Обобщая выделенные процессы, Роде объединил их в три крупные группы: «а) процессы обмена веществом и энергией между почвой и другими природными телами (процессы поступления в почву и выноса из неё); б) процессы превращения веществ и энергии в почвенном теле; в) процессы передвижения веществ и энергии в почвенном теле» (Роде, 1971; цит. по ЭПП, 1992). И в первой классификации, обращающей внимание на противоположность большинства процессов, и во второй очевидно, что любое из перечисленных явлений происходит в любом без исключения почвенном теле.

И.П. Герасимов, М.А. Глазовская

И.П. Герасимову принадлежит большая заслуга в развитии процессного направления в почвоведении. В 1964 году он писал, что «наиболее важным достижением советского почвоведения является почти полный переход от… двучленной докучаевской формулы «почва-среда» или «свойства – факторы» к трёхчленной «почва – генезис – свойства» или, точнее, «свойства почвы – почвенные процессы – факторы почвообразования»» (Герасимов, 1964; цит.по: Герасимов, 1986). Отбор признаков почв для проведения классификации проходит при учёте не только факторов почвообразования, но и под контролем почвообразующих процессов.

«Введение характеристик биологических, химических и химических процессов, протекающих в почвах и обуславливающих развитие тех или иных свойств… даёт возможность подойти к генетической сущности коррелятивных связей [факторы - свойства], что поднимает работу по классификации почв на более высокую ступень научного познания, придаёт отбору и оценке различных свойств почв для классификационных целей глубокую научную обоснованность». Особую значимость процессного подхода Герасимов видел в классификации агропочв, которые в рамках «факторного» подхода просто противопоставлялись природным почвам.

Процессную концепцию Герасимов представил в противовес развившемуся в тот период, особенно в зарубежных исследованиях, субстантивно-аналитическому подходу в классификации и диагностике почв. Этот подход использовался как более объективный, по сравнению с «синтетическим» генетическим подходом. В частности, в генетическом, факторном подходе сложноразрешимыми оказывались следующие проблемы: 1) недостаток информации о факторах почвообразования и происходящих процессах в почвах слабоизученных районах (Север Сибири) приводил к трудностям в их классификации; 2) полигенезис многих почв, невозможность простого прямолинейного сопоставления существующих факторов и свойств почв; 3) механизм многих процессов был представлен гипотетически и по-разному у различных исследователей, что вводило субъективность в понимание генезиса почв и их классификационного положения. Для решения этих проблемных вопросов Герасимов призвал не отходить к додокучавескому, аналитическому подходу (конечно, дополненному современными методами) в классификации почв, ведущему в ложном направлении и не признающему почву как «естественно-историческое тело»; и предложил вспомнить и разработать концепцию элементарных процессов почвообразования. Концепция ЭПП бы позволила разрешить многие перечисленные проблемы, в том числе и для разработки центральной научной задачи почвоведения – генетической диагностике почв.

Герасимов И.П. и Глазовская М.А. в 1960 г. первыми дали определение понятия «элементарный почвообразовательный процесс», использованному до них Неуструевым, Захаровым, Гедройцем. «Процесс почвообразования – писали они – представляет собой совокупность разнообразных физических, химических и биологических явлений, протекающих в почве и обусловливающих тот или иной состав почвенной массы» (Герасимов, Глазовская, 1960). Было замечено, что из общего количества разнообразных физико-химико-биологических процессов, происходящих в почвах, при определённых внешних условиях и стадиях развития почвы, выделяются наиболее тесно взаимосвязанные их сочетания, которые они и назвали элементарными процессами почвообразования.

«Эти процессы составляют в своей совокупности собственно почвообразование, т.е. совокупность процессов и явлений, присущих только почвам, и при определённых естественных сочетаниях друг с другом определяющих их основные свойства на уровне генетических почвенных типов (т.е. прежде всего строение профиля и состав системы генетических горизонтов почвы)» (Герасимов, 1986). Т.е. основными критериями отличия элементарного почвообразовательного процесса от других явлений и процессов природы, являются (Герасимов, 1986; цит.по Таргульян, 1974):

характерны только для почв в совокупности они определяют почвообразование их естественные сочетания определяют основные свойства типа почвы – строение профиля, генетических горизонтов и т.п.

ЭПП - сочетания физико-химико-биологических явлений, образуются среди трёх главных групп процессов:

распад одних минеральных соединений и синтез вторичных минералов и новообразований;

разложение одних и синтез других органических веществ, а также живого органического вещества;

вынос из почвы или передвижение в ней продуктов выветривания и почвообразования; привнос в почву соединений из атмосферы и коры выветривания, в основном путём биологического круговорота)

Каждый генетический тип почв должен характеризоваться определённым и только ему одному свойственным сочетанием ЭПП. Был предложен следующий первоначальный список ЭПП, разделённый на три перечисленные группы:

Элементарные почвообразовательные процессы превращения минеральной массы в почвенную:

первичное, примитивное почвообразование

оглинение (сиалитизация)

латеризация (аллитизация)

Элементарные почвообразовательные процессы с ведущей ролью превращения органической части

гумусонакопление

торфонакопление

ЭПП превращения и передвижения минеральных и органических продуктов почвообразования:

засоление

рассоление

оглеение и оруднение

выщелачивание (лессиваж) или псевдооподзоливание

оподзоливание

Далее, в 1971 Роде назвал уровень «почвообразовательных микропроцессов» (предварительное название - элементарные почвообразовательные процессы, но не употребляемое во избежание путаницы с элементарными почвенными процессами Глазовской и Герасимова, которые он называет частными почвообразовательными процессами) – простейшие явления реакции и процессы, происходящие в почве. Этот уровень в своё время определялся ещё и Захаровым как элементарные процессы, но полный список их приведён не был. Роде предложил следующую систематику (1971):

Процессы обмена веществом и энергией между почвой и другими природными телами (процессы поступления в почву и выноса из неё):

Многосторонний обмен газами в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Многосторонний обмен влагой в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Многосторонний обмен тепловой энергией в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Обмен коротковолновой и длинноволновой радиацией в системе Солнце – почва – атмосфера – космическое пространство

Двусторонний обмен зольными веществами и азотом в системе почва – растения

Безобменное, преимущественно одностороннее поступление в почву синтезированного растениями благодаря действию лучистой энергии Солнца органического вещества

Поступление в почву различных абиогенных веществ, преимущественно отходов промышленности (в том числе с атмосферными осадками)

Двусторонний обмен между почвой и атмосферой пылью

Двусторонний обмен между почвой и грунтом растворимыми солями.

Процессы химического превращения в почвенном теле:

Разнообразные реакции разложения органических соединений, входящих в состав растительного опада;

Микробный синтез и микробное разложение органоминеральных соединений разной природы;

Новообразование и распад различных органических кислот и их солей;

Обмен молекулами и ионами и между твёрдой, жидкой и газовой фазами почв;

Фиксация молекулярного азота из почвенного воздуха, а также аммонификация, нитрификация и денитрификация;

Окисление и восстановление соединений, преимущественно железа и марганца;

Отдельные реакции, слагающие разложение и превращение первичных и вторичных минералов, синтез вторичных;

Изменения физического состояния почв.

Фазовые переходы воды (испарение и конденсация, замерзание и оттаивание) и солей (растворение и выпадение в осадок, кристаллизация);

Изменение структурного состояния почвенной массы (агрегация и дезагрегация; коагуляция и пептизация);

Изменения степени дисперсности твёрдых частиц (физическое дробление, образование твёрдых конкреций, и т.д.);

Процессы передвижения веществ и энергии в почвенном теле:

Передвижение воздуха внутри почвы:

диффузное, под влиянием изменения давления и температуры;

диффузное передвижение воздуха в жидкой фазе;

Перемещение водяного пара под действием:

градиента его давления;

градиента сорбционных сил;

Передвижение жидкой фазы под влиянием:

гравитационных сил;

каппилярных сил;

сорбционных сил;

осмотических сил;

Передвижение твёрдой почвенной массы под влиянием:

гравитационных сил (вмывание, засыпание);

почвенных и наземных животных, растений, и рост корней растений;

криотурбационных явлений;

Передача различных видов энергии.

Как и в более ранних своих исследованиях, Роде обращает внимание на цикличность и противоположную направленность многих микропроцессов. «Накапливаясь в ряду следующих один за другим циклов, эти остаточные изменения сливаются в прогрессивный необратимый процесс, воспринимаемый нами как почвообразовательный макропроцесс» (Роде, 1971). Так им был «вскрыт» (Самойлова ?) механизм почвообразования – накопление малозаметных изменений при течении микропроцессов.

Для выделения следующего уровня – элементарных почвенных процессов Глазовской и Герасимова, Роде проводит следующее рассуждение. Накапливающиеся остаточные изменения неоднородны на различной глубине

Нетрудно заметить, что все эти перечисленные типы микропроцессов наблюдаются во всех без исключения почвах (кроме, пожалуй, мерзлотных явлений в почвах без сезонного промерзания – краснозёмах и желтозёмах, и др.).

Б.Г. Розанов, 1975

Биогенно-аккумулятивные процессы

Гумусообразование

Гумусонакопление

Подстилкообразование

Торфообразование

Дерновый процесс

Биогенный синтез глинистых минералов

Реградация

Иллювиально-аккумулятивные процессы

Глинисто-иллювиальный процесс

Гумусово-иллювиальный процесс

Железисто-иллювиальный процесс

Глинозёмно-гумусово-иллювиальный процесс

Железисто-гумусово-иллювиальный процесс

Подзолисто-иллювиальный процесс

Карбонатно-иллювиальный процесс

Солонцово-иллювиальный процесс

Гидрогенно-аккумулятивные процессы

Засоление

Загипсовывание

Окарбоначивание

Оруднение

Окремнение

Олуговение

Тирсификация

Латеризация

Плинтификация

Отложение наилка

Элювиальные процессы

Выщелачивание

Декарбонизация

Кислотный гидролиз глин

Оподзоливание

Псевдооподзоливание

Лессивирование

Осолодение

Псевдооглеение

Сегрегация

Ферролиз

Элювиально-гумусовый процесс

Альфегумусовый процесс

Коркообразование

Рассоление

Деградация

Процессы метаморфизации почв

Сиаллитизация

Монтмориллонитизация

Гумусосиаллитизация

Ферралитизация

Ферсиалитизация

Рубефикация

Оглеение

Оливизация

Слитизация

Оструктуривание

Отвердевание

Фраджипэнобразование

Мраморизация

Криогенные процессы

Криогенное засоление

Криогенное окарбоначивание

Криогенное ожелезнение

Альфегумусово-криогенный процесс

Ретинизация гумуса

Антропогенные процессы

Образование пахотного горизонта

Образование плужного горизонта

Кольматаж

Вторичное засоление

Осолонцевание при орошении

Деградационное оглеение

Педотурбационные процессы

Самомульчирование

Растрескивание

Криотурбация

Вспучвание

Биотурбация

Лесные вывалы

Обработка почвы

Деструкционные процессы

Эрозия

Дефляция

И.П. Герасимов, 1980

В 1975 - 1980 И.П. Герасимов предложил следующую схему классификации (Розанов, 2004):

Педоморфизм минеральной массы: - группы процессов

Ортосиаллитизация (первичное оглинение)

гидратация первичных и вторичных минералов

гидратация в условиях криогенеза

Неосиаллитизация (вторичное оглинение) - процессы

в кислой среде

в нейтральной среде - подпроцессы

в щелочной среде

Латеритизация (ферритизация, аллитизация, каолинизация)

Педоморфизм органической массы:

Гумусонакопление

гумификация – грубый гумус

гумусонакопление в кислой среде

гумусонакопление в нейтральной среде

гумусонакопление в щелочной среде

Торфонакопление

Сегрегация и миграция (накопление и вынос) продуктов почвообразования – минеральных и органических веществ

Засоление – рассоление

солончаковый процесс

солонцовый процесс

процесс осолодения

Оглеение

поверхностное (экзоглей)

срединное (параглей)

глубинное (эндоглей)

Выщелачивание - оподзоливание

выщелачивание

иллимеризация (лессиваж)

оподзоливание

Цементация

Галогенная

Оруднение

Гумусовая

Деформация

Криогенная

Гидрогенная (разбухание и ссыхание)

Биогенная

Для основных типов почв Герасимов дал, кроме обыкновенного профильного кода (А1-А2-В-С), и процессные коды, поставив каждому горизонту в соответствие комплекс ЭПП, его образующего. Ниже приведены эти коды для наиболее известных типов почв (цит. по: Розанов, 2004):

Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов (По Герасимову, 1986)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Почвы – главные генетические типы | Профиль и свойства (профильные коды) | Элементарные почвенные процессы (процессные коды) |
| Арктические | А Bca C F | I1б II2в IV1 V1 |
| Тундровые глеевые | Ot At Bg Cg FW | I1б II1 III1 VI |
| Подбуры | Ot At Bihf Cr F | I1б II1-2а III3ав |
| Таёжные палевые | A B Cf F | I1б II2а III3а |
| Таёжные глеевые | At Bg Cg FW | I1б II2а III2 V1 |
| Глееподзолистые | Oh A1g A2g B Cf W | I1а II2а III2а III3в |
| Подзолистые | A1 A2 B Cf | I1а II2аб III3в |
| Подзолы иллювиально-гумусовые | At A2 Bih Cf | I1а II2аб III3в IV2 |
| Дерново-подзолистые | A1 A2 Bi Cf | IIа II2б III3в |
| Торфяно-подзолистые глеевые | O A1 A2 Bif Cgf | I1а II1 III2бв III3в |
| Перегнойно-карбонатные | At B C carf | I1а II2а III3а |
| Дерново-карбонатные | A1 Bm Cca | I1а II2в III3а |
| Псевдо-подзолистые | A1 A2g Bmg C | I1а II2б III2б III3б |
| Псевдоподзолы | At A2g Bmgw Cw | I1а II2б III2б III3б |
| Бурые лесные | A1 Bm C | I2а II2б III3б |
| Бурые лесные оподзоленные | A1 A2 Bimg C | I2а II2б III2бв III3бв |
| Серые лесные | A1 Bim Cca | I2б II2бв III3бв |
| Чернозёмы типичные | А1 В Сса | I2в II2в III3в IV1 |

Степень развития признаков: слабая степень – светлый шрифт; средняя степень – подчёркнутый, сильная степень – полужирный

Применена следующая система обозначений почвенных горизонтов (Герасимов: цит.по Розанов, 1983):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Почва | органические горизонты | Ot – торф |
| Oh - лесная подстилка, степной войлок |
| органо-минеральные педоморфические горизонты | A1 – тёмные гумусовые |
| A2 – осветлённые элювиальные |
| B – безгумусовые |
| Bm – метаморфические текстурные |
| Породы и другие образования | почвообразующие породы | C – рыхлая |
| CR – плотная |
| подстилающая порода | D – рыхлая |
| DR – плотная |
| грунтовая вода | w – верховодка |
| W – постоянная |
| мерзлота | f – длительносезонная |
| F – многолетняя |
| Дополнительные индексы: | t – торфянистость  g - оглееность  ih - иллювиально-гумусовая пропитанность  Ca - карбонатная пропитанность  cs - сульфатная пропитанность  m - метаморфическая уплотнённость  i - иллювиальная уплотнённость  fe - оруднение  r - щебень, галька, валуны | |

Я.М. Годельман (Годельман, 1977; цит. по Розанов, 1983) разделил комплект и комплекс ЭПП. Комплектом ЭПП он назвал «набор всех ЭПП, в той или иной степени влияющих на общий процесс почвообразования на данном участке территории». Разные комплекты ЭПП приводят к образованию разных почв, однако одинаковый комплект ЭПП могут иметь несколько разные почвы, в зависимости от интенсивности развития одних или других ЭПП. Разным почвам соответствуют разные комплексы элементарных процессов, в этом понятии учитывается и степень развития того или иного процесса.

IV этап. Количественная оценка ЭПП, опыт построения моделей. Козловский, Таргульян, и др.

Дальнейшее развитие концепции связано с именами работников отдела географии почв и геохимии ландшафтов (основатель – И.П. Герасимов) Института географии АН СССР (и РАН) В.О. Таргульяном, Ф.И. Козловским, и многими другими. «Концепция почвообразовательного процесса как комбинации элементарных или частных почвообразовательных процессов (ЭПП) – писали они – является основой современных представлений о сущности и иерархии механизмов почвообразования… Именно эта концепция позволяет расшифровывать статику почвенного профиля и давать процессную интерпретацию имеющимся фактам о факторах почвообразования и свойствах почв на основе формулы: факторы почвообразования → почвообразовательные процессы → почвенные тела» (Процессы почвообразования и эволюция почв, 1985). Проблему эволюции почв они представляли как последовательность изменения свойств почв и их образующих ЭПП. «Генетическое познание почвенного тела… заключается: а) в выявлении набора, сочетания и интенсивности основных ЭПП, сформировавших данную почву; б) в выявлении последовательности смен свойств почв и сформировавших их ЭПП во времени, т.е. выявлении изменений набора, сочетания и интенсивности ЭПП за период от нуль-момента почвообразования до момента изучения данной почвы» (там же). дали более чёткое определение, раскрывающее механизм появления элементарного процесса из почвенных микропроцессов функционирования. Частными, элементарными процессами, обеспечивающими трансформацию породы в почвенное тело, являются устойчивые комбинации необратимых и незамкнутых микропроцессов функционирования системы, образующие какой-либо устойчивый признак (или группу признаков) в твёрдофазной почвенной массе. «ЭПП – процесс, составляющий часть общего процесса почвообразования и обязательно образующий какой-либо твёрдофазный признак или спектр признаков в почвенной системе, причём признак устойчивый во времени и диагностически значимый для выявления пространственных и временных различий почв» (Таргульян, 2005)

Метаморфизм органического вещества

Поступление органических остатков

поверхностное

внутрипочвенное

Трансформация органических остатков

биогенная

абиогенная

Гумификация

Минерализация

органических остатков

гумуса

Миграция продуктов гумификации. Комплексообразование

гумусовые

минерально-гумусовые

Иммобилизация гумусово-минеральных веществ

Метаморфизм минерального вещества

Физическая дезинтеграция минеральной массы

Гипсообразование

Карбонатизация

Брюнификация

Рубефикация

Глинообразование

трансформация первичных слоистых силикатов

синтез глинистых минералов из первичных неслоистых силикатов

Трансформация глинистых минералов

Разрушение глинистых силикатов

Ферралитизация

Переорганизация почвенной массы

Оструктуривание почвенной массы

Коагуляционное

Биогенное

Компрессионно-гидротермическое

Педотурбации почвенной массы

Абиогенные

гравитурбации

криотурбации

вертитурбации

галотурбации

Биогенные

зоотурбации

фитотурбации

Антропогенные

агротурбации

технотурбации

Оглеение почвенной массы

оглеение (собственно) – восстановленный глей

пятнистое оглеение – окисленный глей

сульфидное оглеение

сульфатное оглеение

Миграции вещества

Солевая

Засоление

Рассоление

Осолонцевание-рассолонцевание

Осолонцевание

Рассолонцевание

Кальциевая

Выщелачивание

Огипсовывание

Окарбоначивание

Кремниевая

Десиликация

Силификация

Алюмо-железисто-гумусовая

Al-Fe-гумусовое элювииирование

Al-Fe-гумусовое иллювиирование

Глеевая миграция Fe и Мn

Партулювация

Лессиваж

Сегрегация и цементация вещества

Окислительная (Fe, Mn, Al и гумус)

Кремниевая

Карбонатная

Гипсовая

Солевая

Непедогенное поступление в почву и потеря почвой вещества

Привнос – унос твёрдого вещества

Делювиальный смыв и флювиальная деразия

Привнос текучими водами

Выдувание мелкозёма и солей

Эоловый привнос мелкозёма и солей

Импульверизация солей (в твёрдой и жидкой фазе)

Привнос вулканической пыли

Солифлюкция и конжелифлюкция

Антропогенный привнос твёрдого вещества

Привнос – вынос жидкого вещества

Унос с флювиальными водами

Привнос с приливно- трансгрессивными морскими и озёрными водами

Привнос с индустриальными водами

Привнос и сорбция газообразного вещества

Татьяна Вячеславовна Аристовская (1980) выделила элементарные почвенно-биологические процессы:

разложение растительного опада

образование гумусовых веществ

разложение гумусовых веществ

деструкция минералов почвообразующей породы

новообразование минералов

Факультативные ЭПБП:

глееобразование

орштейнообразование

солеобразование

Систематика Почвенного института им. В.В. Докучаева – 2006

Коллектив исследователей из почвенного института выделил следующие основные наиболее важные процессы, приводящие к образованию генетических горизонтов и их системы:

Процессы аккумуляции и трансформации гумусовых веществ – процессы формирования

серогумусовых аккумуляций

светлогумусовых аккумуляций

темногумусовых аккумуляций

перегнойно-темногумусовых аккумуляций

криогумусовых аккумуляций

Процессы аккумуляции и преобразования грубого органического вещества

процессы формирования грубогумусовых аккумуляций

процессы формирования перегнойных аккумуляций

торфообразование - процессы формирования:

торфяных аккумуляций

олиготрофно-торфяных аккумуляций

эутрофно-торфяных аккумуляций

сухоторфяных аккумуляций

деструктивно-торфяный процесс

Процессы метаморфизма минеральной массы

процессы железистого метаморфизма, в т.ч.

процессы палевого метаморфизма

процессы структурного метаморфизма, в т.ч.

процессы криогенного метаморфизма

процессы ксерометаморфизма

иллювиально-метаморфические процессы

процессы гидрометаморфизма

глеевый метаморфизм

неглеевый гидрометаморфизм

Процессы хемогенной дифференциации

альфегумусовая (иллювиально-алюмо-железо-гумусовая) дифференциация

альфегумусовое иллювиирование

иллювиально-железистый процесс

иллювиально-гумусовый процесс

альфегумусовое подзолообразование

редокс-альфегумусовая дифференциация

процессы окислительно-восстановительной дифференциации железа

Процессы гранулометрической дифференциации

селективное оподзоливание

лессиваж

солонцовые процессы

Процессы дифференциации солей

карбонатов

гипса

легкорастворимых солей

Процессы перемешивания почвенной массы, приводящие к нарушению естественного залегания горизонтов и/или гомогенизации минеральной и органической части почвы

криотурбационный процесс

турбационнные процессы при слитизации

фитотурбуции

зоотурбации

склоновые процессы

**Глава 2. Современное понимание элементарных почвообразовательных процессов**

Характеристика элементарных почвообразовательных процессов

ЭПП метаморфизма минеральной части почвенной массы

Термин «метаморфизм» естествоиспытателями в основном понимается как изменение породы под высокими температурами и давлением в глубоких земных слоях. Поэтому употребление этого термина как процесса изменения состава почвенной массы не совсем удачно (Черняховский, 1992). Лучшее название этой группы процессов – процессы внутрипочвенного выветривания (ВПВ). Но в данной работе мы можем употреблять и «метаморфизм почвенной массы», оставляя ВПВ как процессы изменения первичных минералов.

Процессов ВПВ довольно много, при этом исследователями выделяется всё большее количество. Для наиболее полного представления о происходящих процессах необходимо сопоставить два вида составов – первичный, состав (минералогический) наиболее распространённых почвообразующих пород и результирующий, минералогический состав почв. Процессы в этом случае представятся как разные способы переходов от первого ко второму. Далее, необходимо сгруппировать несколько близких процессов в ряд элементарных, для облегчения восприятия. Для этого необходимо многочисленные почвенные и породные минералы разделить на группы со схожей направленностью гипергенных процессов, со схожими свойствами. Приблизительно такая работа была проведена А.Г. Черняховским (1992). Он дал следующую классификацию почвообразующих пород по свойствам, определяющим основные направления процессов внутрипочвенного выветривания:

Класс I. Преимущественно конгруэнтно растворяющиеся (полное разрушение первичной кристаллической структур).

Группа А. Легко карстующиеся породы, из минералов с ионной связью (гипс, карбонаты, легкорастворимые соли). Разделяются подгруппы без нерастворимого остатка и с ним.

Группа А. Карстующиеся породы, из минералов с преимущественно ионной связью (серпентиниты), также без нерастворимого остатка или с ним.

Группа В. Некарстующиеся, сложенные минералами с ионной и ковалентной типами связей (осадочные породы с глинисто-карбонатным, карбонатным и карбонатно-сульфатным цементом). Разделяется подгруппы калий-полевошпатовые кварцсодержащие и бескварцевые

Группа Г. Некарстующиеся, сложенные минералами с преимущественно ковалентной связью без породообразующих слоистых алюмосиликатных минералов. Также разделяются подгруппы калий-полевошпатовые кварцсодержащие (граниты, гнейсы) и бескварцевые (габбро, диабазы, базальты).

Класс II. Преимущественно инконгруэнтно растворяющиеся (с сохранением фрагментов первичной кристаллической структуры)

Группа А. Консолидированные (плотного сложения), сложенные минералами с преимущественно ковалентными типами связей и содержащие в достаточных количествах слоистые алюмосиликатные минералы. Подгруппы: калий полевошпатовые кварцсодержащие (граниты, гнейсы) и бескварцевые (габбро, диабазы)

Группа Б. Неконсолидированные, сложенные минералами с преимущественно ковалентными типами связей, содержащие слоистые алюмосиликатные минералы. Подгруппы: калий полевошпатовые кварцсодержащие (суглинки, глинистые пески и галечники) и бескварцевые (суглинки, глины, глинистые пески и галечники). (Черняховский, 1992).

Черняховский выделил два механизма процесса для первого класса веществ (конгруэнтно растворимых). Во-первых, это Н2О-конгруэнтное растворение – разрыв ионных связей минералов под действием электростатической силы диполей воды и переход элементов в раствор. Таким способом проходит выветривание солей (карбонатов, гипса, легкорастворимых). Во-вторых, это Н+-конгруэнтное растворение – разрушение кристаллической решётки под действием ионов водорода. Так разрушаются силикаты каркасной, цепочечной и островной структуры. Механизм инконгруэнтного растворения тоже разбит на два вида – во-первых, это такое растворение слюд и слоистых силикатов, при котором с ионами Н+ и ОН- соединяются и уходят в раствор катионы с ионными типами связей - Mg, Fe, происходит окисление Fe2+, и т.д. Во-вторых, это разрушение более прочной ковалентной связи О-Si-O, Al-O-Al, происходящее в жарком и влажном климате, с остаточным образованием аморфных оксидов и каолинита.

минералы почвообразующей породы

новообразованные почвенные минералы

ЭПП2

ЭПП1

Факторы почвообразования 1 (климат, живые организмы, и т.д.)

минералы почвообразующей породы

новообразованные почвенные минералы

ЭПП4

ЭПП3

Факторы почвообразования 2 (климат, живые организмы, и т.д.)

Рис. Упрощённая схема систематики ЭПП метаморфизма почвенной массы (внутрипочвенного выветривания) согласно формально-аксиоматическому подходу выделения ЭПП (Таргульян, Черняховский, 1992): Аксиома 1 – различные процессы выветривания идут в почвах с разным первичным минералогическим составом и одинаковыми внешними условиями. Аксиома 2 – состав ЭПП отличается в почвах с разными условиями (факторов) почвообразования при одинаковом минералогическом составе. Цветом показаны разные минералы.

Таким образом, все процессы внутрипочвенного метаморфизма (выветривания) можно рассмотреть, учитывая два фактора – минералогический состав, собственно из которого происходит выветривание, и внешние условия, в которых оно проходит. Такой способ выделения процессов Таргульян назвал аксиоматическим формальным, противопоставив ему ассоциативный.

Поэтому сначала рассмотрим наиболее распространённый состав минеральной части почв, для понимания как ресурса для метаморфизма – первичного, унаследованного от почвообразующей породы, состава, так и результата метаморфизма – новообразованного материала, вторичных минералов.

Разделяются первичные (унаследованы от магматических и метаморфических пород) и вторичные минералы (гипогенные – образованные постмагматическими и гидротермальными метаморфическими процессами, и гипергенные). Гипергенные вторичные минералы могут быть как остаточными, так и новообразованными в процессе почвообразования (Геннадиев, Глазовская, 2003).

Первичные минералы, составляющие основную часть горных пород, обозначаются как главные (породообразующие), меньшую часть занимают второстепенные, и совсем малую – акцессорные минералы. В данном случае нас интересуют породообразующие минералы. К ним относится следующие подразделения: 1) оксиды – кварц; 2) силикаты – пироксены (авгит), амфиболы (роговая обманка), оливин; 3) алюмосиликаты – каркасные (полевые шпаты – калиевые, натровые, и др.), слоеватые (слюды – мусковит, биотит). (Там же).

Метаморфизация минеральной массы осуществляется путём ряда химических реакций. При этом из первичных диагностируется данная группа процессов, и даётся название. Так, образование глинистых минералов называется оглиниванием; часто отдельно выделяется сиаллитизация и монтмориллонитизация (накопление глины сиаллитного состава и монтмориллонита соответственно). В связи с этим возникает неопределённость в количестве выделяемых процессов – продуктов метаморфизма может быть довольно много, как и исходных минералов; количество химических реакций намного превосходит максимум 10 выделяемых процессов. Обычно называются наиболее рапространённые и играющие определяющую роль соединения – вторичные минералы. оксиды железа и алюминия (составляющие большую часть минеральной части почвы в метаморфических почвах), соли (легкорастворимые, гипс, карбонаты). Однако называются процессы и по начальному веществу (разрушение глинистых силикатов, дезинтеграция твёрдых пород), если она играет большую роль в составе почвы. Зная химический состав начальных и конечных соединений, можно предположить и механизм процессов. Кроме собственно химических реакций разложения и синтеза минеральных соединений, происходят и вынос подвижных продуктов, и соединение с имеющимися водой, углекислым газом.

Для группировки процессов данной группы разделим процессы внутрипочвенного выветривания, под которыми понимается система трансформации минеральных соединений, неустойчивых в данной среде (как правило первичных минералов, но в полигенетичных почвах и вторичных), и процессы обратимого изменения масс (оглеение, рассматриваемое в следующем параграфе, а также оструктуривание). Выветривание, в свою очередь, традиционно разделяется на химическое и физическое.

Процессы выветривания. Рассмотрим основные микропроцессы. Физическое разрушение плотных пород почвы, выделяемое иногда в отдельный ЭПП дезинтеграции минеральной массы, (Институт географии, 1992) проходит под действием следующих агентов: 1) температурного сжатия и расширения (раздробление до 0,01-0,001 мм). Наиболее интенсивно проявляется в слабо защищённых растительностью почвах, с высокими амплитудами температур. Развитие растительности замедляет данный вид выветривания. 2) капиллярного напряжения при проникновении воды и образованию плёнки адсорбированной влаги. Возможно, составляет основную роль в разрушении пород; 3) расширения при льдообразовании – морозное выветривание, характерное для областей сезонной и вечной мерзлоты; 4) дезинтеграция при кристаллизации солей, распространена в аридных почвах. Наибольшее действие, по Ж.Педро (цит. по Элементарные почвообразовательные процессы, 1992), имеет каменная соль и гипосульфат натрия. 5) расклинивания, связанные с действием высшей растительности, напряжений при развитии корневых систем в твёрдых породах.

Химическое (биохимическое) выветривание минералов проходит под действием воды, кислорода, углекислоты и органических кислот (Герасимов, Глазовская, 1960):

1. С водой минералы вступают в реакции гидратации – превращение минерала в гидраты. Так, к примеру, когда гётит (Fe2O3) подвергается гидратации происходят реакции:

Fe2O3 + H2O => 2FeO(OH)

образуется гидрогётит, который при дальнейшей гидратации превращается в лимонит:

2FeO(OH) + H2O => Fe2O(OH)2

Лимонит, в свою очередь, гидратируется до гидрооксида железа:

Fe2O(OH)2 + H2O => 2Fe(OH)3⋅nH2O

2. С кислородом воздуха проходят реакции окисления, продукты приводящие к образованию глинистых минералов

2FeS2 + 7O2 + H2O => 2FeSO4 + 2H2SO4

2FeSO4 + O + 5H2O => 2Fe(OH)3 + 2H2SO4 (реакция окисления железа)

H2SO4 + CaAl2Si2O8 (анортит) + 4H2O => H2Al2Si2O8⋅2H2O (каолин) + CaSO4⋅2H2O (гипс)

3. Гидролиз (реакция под действием воды и углекислоты) обычно проходит по следующей схеме: на минерал (нейтральную соль – силикат или алюмосиликат) действует угольная (или органическая) кислота и замещает катион минерала на ион водорода (образуется кислая соль минерала и углекислая соль катиона). Затем кислая соль распадается на свободную кислоту (реагирует с почвенной массой) и гидрат окисла. Так, при гидролизе роговой обманки образуется тальк (отальковывание):

4MgSiO3 (роговая обманка) + H2CO3 => H2Mg(SiO3)4 (тальк – кислая соль) + MgCO3 (углекислая соль)

H2Mg(SiO3)4 + 3H2CO3 => HSiO2⋅H2O (опал) + 3MgCO3

Гидролиз полевого шпата – ортоклаза – приводит к образованию каолина и опала:

КHAl2Si6O16 (ортоклаз) + H⋅HCO3 => H2AlSi6O16 + KHCO3

Свободная алюмокремниевая кислота быстро распадается:

H2AlSi6O16 + nH2O => H2Al2Si2O8⋅2H2O (каолин) + 2SiO2⋅nH2O (опал)

По В.И. Вернадскому (цит. по Герасимов, Глазовская, 1960) каолин разрушается диатомовыми водорослями с образованием оксидов:

H2Al2Si2O8⋅2H2O => Al2O3⋅nH2O (боксит) + 2SiO2⋅nH2O (опал, кременезём)

Скорость процессов выветривания была оценена как довольно быстрая, из-за чего мы видим только конечные формы, без промежуточных.

Герасимов и Глазовская в качестве процесса выветривания называли ЭПП первичного, или примитивного почвообразования (1960). Под ним они понимали процесс химического выветривания массивных кристаллических пород до образования рыхлой массы – первичной почвы. Ими акцентировано внимание на основной роли в этом процессе низших растений. Синезелёные, зелёные и диатомовые водоросли, азотфиксирующие бактерии, грибы и актиномицеты производят разрушение первичных и синтез вторичных минералов и органических соединений. Оно проходит под действием выделений микроорганизмов кислотной или щелочной природы, углекислоты и ряда органических кислот, образующихся при отмирании. Дальнейшее разрушение идёт и при помощи лишайников, физически разрушающих породу, и создающих благоприятные условия для жизни микрофлоры. Особо подчёркнута огромная роль ЭПП первичного почвообразования для образования осадочных пород – собственно этот процесс создаёт рыхлые наносы, которые потом переносятся и в континентальные, и морские отложения. Дальнейшие исследователи, однако, и сам Герасимов в 1975, уже не употребляет в системе ЭПП этого процесса. Действительно, в него включается несколько различных процессов – как выветривание, так и накопление органического вещества; поэтому в отдельный процесс выделять его не стоит.

При выветривании в зоне гипергенеза различных минералов образуются разные соединения. Для почвообразования важными оказываются типоморфные соединения (карбонаты, кислоты), либо составляющие основу минеральной массы (глинистые минералы, оксиды железа и алюминия), определяющие какие-либо диагностические признаки (цвет почвы – оксиды железа), и накапливающиеся в почве. Таким образом, можно выделить следующие процессы образования: образование глинистых минералов (оглинение), оксидов железа, алюминия (ферралитизация) и их трансформация (рубефикация, брюнификация, и др.) и кремния, гипса (гипсообразование), карбонатов (карбонатизация). Выделяются соответствующие процессы разрушения ??? если разрушается, то выносится или образуется ещё что-л

Оглинивание. Происхождение в почве частиц тонкого гранулометрического состава может иметь несколько причин, что несколько осложняет диагностику процессов. Процесс илообразования – образование илистых частиц (элементарных почвенных частиц менее 0,001 мм диаметра) любого минералогического состава – может идти как путём процесса размельчения минеральных частиц, физического выветривания минералов не глинистой природы, как и путём новообразования глинистых минералов. Последнее и есть собственно оглинивание (Соколова, Дронова, 1983). Он может не вызывать утяжеление механического состава при одновременном прохождении процесса их разрушения (там же).

Механизм процесса оглинивания изучался ещё Б.Б. Полыновым, но на сегодняшний день остаётся много спорных и нерешённых вопросов. Имеются следующие точки зрения. Герасимов и Глазовская (1960) называют два механизма ЭПП оглинивания (оглинения или сиалитизации в их терминологии) почвенной массы: образования вторичных глинных минералов либо непосредственно при биохимическом выветривании первичных минералов, либо биогенным путём – биологическом захвате элементов и синтеза из них вторичных минералов (кристаллизации трудноподвижных соединений) при минерализации органических остатков. Биогенный путь образования глинистых минералов как ЭПП встречается и у Розанова, но в группе биогенно-аккумулятивных процессов.

Рассмотрим первый способ образования. Он проходит при положительных температурах, достаточным увлажнением и нейтральной реакцией. На первой стадии первичные минералы распадаются вышеописанными способами на гидраты оксидов минералообразующих элементов – Si, Fe, и Al – находящихся в аморфном дисперсном состоянии. Они находятся в коллоидном состоянии – размеры отдельных частиц не превышают 10-7 – 10-8 м (0,1 – 0,01 микрон). Разноимённо заряженные частицы осаждаются и коагулируются (так называемая электролитическая коагуляция коллоидов). Совместно кристаллизуются оксиды железа и кремния, алюминия и кремния. В результате образуются вторичные алюмо и ферросиликаты – синтетические глинные минералы. Среди огромного их количества можно выделить основные группы – каолинитовую (каолинит Al2О3⋅2SiО2⋅3H2O, даккит Al2О3⋅2SiО2⋅4H2O, нанкрит, галлуазит 2Al2О3⋅4SiО2⋅8H2O), монтмориллонитовую (бейделлит Al2О3⋅3SiО2⋅n3H2O, монтмориллонит 3MgO⋅Al2О3⋅4SiО2⋅nH2O, нонтронит), аллофановую, и другие. Процесс оглинения свершается при участии как микроорганизмов, так и высших растений (Герасимов, Глазовская, 1960).

По мнению Таргульяна, механизмом оглинивания (в подзолистых альфегумусовых почвах) в основном можно считать трансформационные изменения унаследованных от породы кристаллических решёток слоистых силикатов (цит. по Соколова, Дронова, 1983). Наконец, по проведённым исследованиям на Северном Кавказе Соколова и Дронова пришли к выводу, что основным механизмом оглинивания в почвах нетропических районов, сформированных на глинистых сланцах, являются не синтез вторичных глинистых минералов, а физическое дробление глинистых сланцев, уже содержащих глинистые минералы, сопровождающиеся небольшими трансформациями иллитов в иллит-смектитовые структуры. В подтверждение этого они указали на сходство минералогического состава в нераздробленных сланцах и горизонте внутрипочвенного выветривания. Результатом почвообразования является только более глубокое раздробление первичного элювия. Такая модель появления горизонта внутрипочвенного выветривания представляется довольно убедительной; однако возникает вопрос, к какому же ЭПП отнести данное явление – к физическому выветриванию а за оглинивание принять только синтез вторичных минералов, либо и его отнести к оглиниванию? В почвах же при отсутствии материала, физическое дробление которого даёт глинистые минералы, источником последних может служить и новообразование их из полевых шпатов, по рассмотренной выше схеме выветривания, предложенной Герасимовым и Глазовской. При этом сначала происходит изоморфное (?) замещение глинистого минерала по отдельности полевого шпата, и лишь затем идёт дробление получившегося глинистого агрегата, сопровождающиеся утяжелением гранулометрического состава. Примером могут служить подзолистые почвы на кварцевых песках (Соколова…).

И.В. Замотаев (Элементарные почвообразовательные процессы, 1992) также указывает на реальную незначительность процессов внутрипочвенного сиаллитного выветривания в почвах гумидной умеренной зоны, его низкую скорость. Те глинистые минеральные массы, широко распространённые в почвах, являются либо унаследованными от почвообразующей породы или предыдущих тёплых эпох выветривания, либо есть продукты оглинивания в виде селективного биохимического растворения неслоистых силикатов и диспергации глинистосодержащих слоистых силикатов.

А.Г. Бирина (Элементарные почвообразовательные процессы, 1992) тоже дополнительно разделяет оглинивание (глинообразование в её терминологии) на два случая. Во-первых, это ЭПП трансформационного глинообразования первичных слоистых силикатов во вторичные глинистые, из-за действия ряда агентов выветривания – кислорода, воды, угольной и органических кислот. Изменяется структура минералов – так, по Гинзбургу (цит. там же), слюды биотит преобразуется в вермикулит или бейделлит, мусковит в серицит и далее в иллит. Во-вторых, это ЭПП синтеза глинистых минералов из продуктов распада первичных неслоистых минералов и аморфных оксидов. Он в общем соответствует ЭПП оглинения (сиалитизации) Герасимова и Глазовской, тогда как первый случай более повторяет предложенную ими же схему выветривания. Бирина также указывает на небольшие скорости синтеза глин в умеренном поясе; наибольшее развитие процесс получает в тропических вулканических районах.

Розанов предложил разделять оглинивание и оглинение. Оглинение, или сиаллитизация – это общий «процесс внутрипочвенного выветривания первичных алюмосиликатов с образованием и аккумуляцией in situ вторичной глины» (?). Этот процесс был разделён на два вида – метаморфическое (?) и монтмориллонитовое (?) оглинение. Метаморфическое оглинение он назвал оглиниванием (или собственно оглинением - аккумуляция глины сиаллитного состава), а монтмориллонитовое – монтмориллонитизацией (накопление вторичной глины монтмориллонитового состава) (Розанов, 1983). Механизм процесса монтмориллонитизации возможен, кроме как из-за выветривания первичных алюмосиликатов, с «ресиликацией ненабухающих сиаллитных глин при обработке их щелочными водами». Результатом процесса будет образование тяжёлых набухающих глинистых горизонтов с тёмной окраской (там же).

Далее, Бирина сочла необходимым выделить несколько процессов, связанных со существованием в почве вторичных глинистых минералов – ЭПП их трансформации и ЭПП их разрушения. Под первым она понимала трансформацию силикатов, приводящую к их изменению. Действительно, подобные процессы в почве явно будут иметь место, тогда как предыдущими исследователями они собственно не назывались. Ж. Милло (цит. там же) разделяет два вида этого процесса – деградацию и аградацию. Под деградацией понимается образование глинистых минералов с лабильной кристаллической решёткой и жёсткой структурой (что это?). Приводится ряды деградации иллитов: иллит → смешанослойный иллит-вермикулит → вермикулит → монтмориллонит (примерно этот же процесс Розанов включает в ЭПП монтмориллонитизации); хлоритов: железо-магензиальный хлорит → смешанослойные минералы → вермикулит. Среди аградационных процессов выделяются хлоритизация, иллитизация (наиболее изучены), и другие. Хлоритизация представляет собой «процесс формирования межпакетных прослоек гидроксидов Fe и Al в трёхслойных силикатах» (там же). Образуются почвенные хлориты – хлоритоподобные минералы. Иллитизация представляет собой процесс образования почвенных иллитов за счёт прочного вхождения калия в межпакетное пространство трёхслойных силикатов, к примеру монтмориллонита. Под ЭПП разрушения глинистых силикатов Бирина подразумевала процессы либо растворения минералов, либо изменения с потерей окристаллизованности и превращением в аморфные соединения. Основным механизмом действия процесса считается гидролиз минералов – растворением силикатов под действием органических кислот.

Резюмируя сказанное, можно наметить следующую схему системы и географии процессов, приводящих к образованию глинистых минералов, и обуславливающих их дальнейшую судьбу в почве.

Илообразование – образование илистых частиц (< 0,001 мм) любого минералогического состава (Соколова, Дронова)

Физическая дезинтеграция неглинистых минералов до размеров ила (<0,001 мм) (Ромашкович, 1992)

Оглинивание (Бирина), сиаллитизация или оглинение (Герасимов, Глазовская, Розанов) – процесс формирования глинистых минералов в почвенных условиях.

Физическое дробление крупных фракций, содержащих глинистый материал, с образованием отдельных глинистых минералов (<0,001 мм) (Соколова, Дронова)

Трансформационное глинообразование первичных слоистых силикатов (Бирина, 1992)

Синтез глинистых минералов из продуктов разрушения неслоистых силикатов (Бирина) и их биохимическое селективное растворение (Замотаев,1992)

Биогенный синтез из оксидов, выпавших из биологического круговорота (Герасимов и Глазовская, 1960, Розанов, 1983)

Трансформация глинистых силикатов (Бирина, 1992)

Разрушение глинистых силикатов (Бирина, 1992)

Аградация - образование монтмориллонита, иллита (Бирина, 1992;Розанов,1983)

Деградация

хлоритизация

иллитизация

Растворение и вынос продуктов за пределы профиля

Окристаллизация минералов и превращения в аморфные соединения

?

Сиаллитизация – накопление глины сиаллитного состава (Розанов, 1983)

Монтмориллонитизация – образование глины монтмориллонитового состава (Розанов, 1983)

Рис.1 Система почвенных процессов оглинения. Пунктиром обведены процессы, включаемые в один ЭПП, среди которого выделяются различные способы механизмов прохождения процесса (сплошная рамка) и виды процессов с разными результатами (точечная рамка) (?).

Следующая часть процессов связана с накоплением в почве полуторных оксидов Fe и Al, составляющих основную массу в тропических и субтропических почвах (краснозёмах и желтозёмах), и достаточно широко встречающихся и в почвах умеренного пояса.

Герасимов и Глазовская (1960) назвали ЭПП аллитизации (латеризация) почвенной массы. От выделенного ими же процесса сиаллитизации процесс отличается более глубокой степенью распада как первичных, так и вторичных алюмо и ферросиликатов. Вторичные минералы распадаются на оксиды Fe, Al и Si. Высокие температуры и периодическое иссушение приводят к образованию маловодных гидратов железа, придающих почвам кирпично-красный цвет (краснозёмы); в более влажных условиях образуются высокогидратированные оксиды ржавого цвета (желтозёмы). Содержание полуторных оксидов достигает 80-90%. Они находятся как в состоянии коллоидов, и могут образовывать и кристаллизованные вторичные минералы.

«Ферраллитизация – конечная стадия выветривания горных пород, сопровождающаяся преобразованием породообразующих силикатов и алюмосиликатов, выносом продуктов их разрушения и образованием минералов группы каолинита, окидов и гидроксидов железа и алюминия» (Дюшофур, 1970; Глазовская, 1972, и др, цит. по ЭПП, 1992). Замотаев (1992) разделяет, как и Бирина в случае процессов оглинивания, два случая процессов: 1) ферраллитизацию субстрата с породообразующими слоистыми алюмосиликатными материалами; 2) ферраллитизацию субстрата без породообразующих слоистых алюмосиликатных материалов (средних и основных интрузивных, эффузивных пород, вулканических пеплов и туфов).

Процессы метаморфизма минеральной массы

Эти процессы приводят к изменению её вещественного состава и структуры, без существенного перемещения продуктов трансформации. Среди этой группы горизонтообразующих процессов авторами Почвенного института были выделены следующие семь процессов:

Процессы железистого метаморфизма – образование и гидратация оксидов железа, образующихся при выветривании железосодержащих минералов с формированием железисто-метаморфического горизонта, бесструктурного или непрочно-комковатого, в почвах на полиминеральных песках, с гумидным климатом подзоны южной тайги – ржавозёмов.

Разновидностью процессов железистого метаморфизма являются процессы палевого метаморфизма, когда образуются железистые автохтонные плёнки из слабоокрашенных дегидратированных оксидов железа с небольшим содержанием оксалаторастворимых красящих форм. Образуется менее яркий, палевый метаморфический горизонт. Такие процессы происходят в условиях экстраконтинентального криоаридного климата, в палевых почвах Восточной Сибири.

В процессы структурного метаморфизма этой группы включены процессы структурообразования – педогенной переорганизации минеральной почвенной массы, происходящие в метаморфических горизонтах. Образуются структурно-метаморфические горизонты ореховато-комковатой и мелкоглыбистой структуры, имеющие, благодаря дополнительному ожелезнению, бурые, красновато-бурые, коричневые цвета. Такие горизонты будут широко распространены в бурозёмах, коричневых почвах, элювиально-метаморфических почвах на озёрных глинах.

Как особый случай структурного могут рассматриваться процессы криогенного метаморфизма. Это образование рассыпчатой, мелкой крупитчатой и гранулированной структуры в результате многократного промерзания и оттаивания, при наличие структуров – гидроксидов железа, гумуса. Её распространение иногда позволяет выделить особый криометаморфический горизонт в светлозёмах и криометаморфических почвах тундровой и таёжной зоны.

В подзонах южной степи и полупустынь развиваются ксерометаморфические процессы как наложение железистого метаморфизма – трансформации железа в щелочной среде, при сухом и жарком континентальном климате, с образованием малогидратных оксидов и структурного метаморфизма – образования мелкопризмовидной структуры с горизонтальной делимостью. В каштановых, бурых полупустынных почвах благодаря идущему процессу профиль дифференцируется и выделяется по гумусовым горизонтом ксерометаморфический горизонт каштанового или палево-бурого цветов.

При наличии лекговыветривающихся железосодержащих пород в почве в условиях гумидного климата идут иллювиально-метаморфические процессы. Такое сочетание наблюдается в областях современного вулканизма с морским климатом – на Камчатке и Курильских островах – охристых вулканических почвах. Происходит наложение альфегумусового процесса и процессов интенсивного железистого метаморфизма, с образованием ярко-охристых продуктов выветривания. В качестве лекговыветривающегося материала выступает тефра с большим содержанием вулканического стекла. При выветривании последней образуются алофаны и гидроксиды железа и алюминия, придающие специфический цвет и икряную структуру охристого горизонта.

Кроме того, в данную группу введены процессы гидрометаморфизма – трансформации минеральной массы почв под влиянием восстановительных условий как следствия переувлажнения. В зависимости от длительности переувлажнения и восстановительных условий авторы разделили глеевый и неглеевый метаморфизмы.

В случае длительного периода восстановительных условий и кислой среды (что может встречаться в переувлажнённых почвах гумидного климата) развивается глеевый процесс – переход железа в закисные формы, морфологически проявляющийся в сизых тонах окраски минеральной массы и образовании глеевого горизонта. Процесс наблюдается в торфяных почвах, глеезёмах, дерново-глеевых и других переувлажнённых почвах.

Неглеевый гидрометаморфизм проявляется в виде гидрометаморфического горизонта в лесостепных и степных почвах, испытывающих временное переувлажнение. В отличие от глеевого процесса, здесь идёт преобразование железосодержащих минералов в нетральной и щелочной среде, признаки оглеения не выражены. Появляются грязно-серые тона окраски.

ЭПП превращения органической части почвенной массы

Эти процессы занимают исключительно важную часть в развитии и функционировании почвы. Именно наличие и воздействие органических веществ отличает почву от других природных тел. Природное разнообразие органических веществ, их высокая реакционноспособность обуславливает сложность и огромное разнообразие происходящих реакций, и как следствие, элементарных почвообразующих процессов.

Среди этого типа процессов все исследователи выделяют два разных случая: накопление грубого органического вещества на поверхности почвы и накопление органического вещества в минеральной толще. Несмотря на единую причину процесса, их протекание приводит к образованию разных горизонтов – органических поверхностных и гумусовых минеральных. В первом из них содержится органическое вещество в грубой, слаборазложенной форме, во втором присутствует большое количество минеральной фазы, и форма пребывания органики – гумусовые вещества и органо-минеральные соединения. Рассмотрим эти две группы.

1. Процессы аккумуляции и трансформации гумусовых органических веществ.

Процесс образования гумуса, гумусовых горизонтов в почве (выделение гумусированной части) назывался ещё и до Докучаева (в русской литературе как процесс гниения). Как гумусообразовательный процесс он ещё назывался Неуструевым, но конкретного написания не получил. Попытался объяснить механизм и стадийность процесса Захаров, назвав его гумификацией. Им были выделены стадии – разложение органических остатков, механическое измельчение и растворение, минерализацию, собственно гумификацию (образование гумусовых соединений), гумофиксацию (закрепление гумусовых веществ и аккумуляцию зольных элементов. Герасимов и Глазовская назвали этот процесс гумусонакоплением.

Кроме того, в процессах аккумуляции и трансформации гумуса выделенные разные типы с определённым характером накопления и преобразования гумусовых веществ – процессы формирования серогумусовых, светлогумусовых, темногумусовых, перегнойно-темногумусовых и криогумусовых аккумуляций.

Серогумусовые аккумуляции образуются в условиях холодного и умеренно-тёплого климата, под смешанными и широколиственными лесами в дерново-подзолистых, альфегумусовых, аллювиальных и некоторых других почв. Почвы отличаются кислой реакцией и большой степенью ненасыщенности основаниями. Гумус имеет фульватный состав, содержание до 4-8%, что и даёт серый цвет органо-минеральным комплексам. Этот процесс приводит к образованию дерновых и гумусово-элювиальных горизонтов, а также к небольшому накопления в подзолистых горизонтах, диагностируемому по серому оттенку.

Светлогумусовые аккумуляции формируются в светлогумусовых, каштановых, солонцах и некоторых других почвах полупустынь и сухих степей с аридным климатом. Реакция почв слабо- и щелочная, почвы насыщены основаниями. Количество фульво- и гуминовых кислот примерно равно (Сгк/Сфк ≈ 1). При накоплении светлого гумуса до 2% образуется ксерогумусовый, выше 2% - светлогумусовый горизонты.

Процессы накопления тёмного гумуса идут в семиаридных и семигумидных ландшафтах степной и широколиственной зон в чернозёмах, тёмногумусовых почвах, тёмногумусовых солонцах и солодях, тёмно-серых лесных, аллювиальных и других почвах этих зон. Почвы насыщены основаниями, реакция изменяется от нейтральной до слабощелочной. В результате образуется гумус с преобладанием гуминовых кислот, который окрашивает почвенную массу в темно-серые цвета. Горизонты с накоплением такого гумуса выше 5-6% являются тёмногумусовыми.

Перегнойно-тёмногумусовые аккумуляции формируются в горных условиях, под альпийскими лугами. Отличительной их особенностью является накопление в почвенной массе кроме гумусовых веществ разного группового состава ещё и среднеразложившихся органических остатков – перегноя, что придаёт перегнойно-тёмногумусовуму горизонту темный цвет, почти до чёрного. Этот горизонт наблюдается в одноимённых почвах.

Перегнойно-темногумусовые почвы обычно занимают наибольшие площади в высокогорьях на абсолютных высотах 1500 – 3500 км. Они формируются на массивно-кристаллических материнских породах магматического и метаморфического происхождения (граниты, гнейсы, сланцы); некарбонатных плотных осадочных и (песчаниках и алевритов) и карбонатных плотных осадочных (известняки, доломиты и мергели). Почвы в основном каменисты (скелетны), что обеспечивает хороший дренаж и преобладание окислительных условий. По данным исследований Э.Н. Молчанова и А.Э Молчанова [], в них идёт интенсивное накопление гумуса типа модер, включающего большое количество слабо и среднеразложившихся органических остатков. Гумусовые вещества и илистые частицы, несмотря на интенсивный промывной режим и кислую реакцию, слабо выносятся по профилю, благодаря закреплению биогенно накопляемыми элементами и коагуляцией глины полуторными окислами. (?)

Процессы аккумуляции и преобразования грубого органического вещества.

Эти процессы идут в ландшафтах с замедленной, из-за гидротермического режима, скоростью разложения и гумификации органических остатков. Образующиеся при этом аккумуляции практически не связаны с минеральной частью почвы, как это наблюдается в случае накопления гумуса, а могут лишь создавать механическую смесь. Результатом процессов этого вида становятся органические горизонты, образующиеся на поверхности почвы. При этом авторы, видимо, не рассматривают поверхностные горизонты подстилки – степной войлок, лесной опад и ветошь, т.к. процессы их образования очевидны и не требуют подробного рассмотрения. Имеются в виду более мощные, специфические горизонты, такие как торф, перегнойный горизонт и др. Различие процессов в этой группе обусловлено разным режимом температуры и влажности (а, следовательно, и степенью разложенности), а также флористическим составом биоценозов, образующих эти аккумуляции.

Процессы накопления грубого гумуса обусловлены холодным гумидным и семигумидным климатом континентального типа, таёжной или тундровой растительностью с мохово-кустарничковым напочвенным покровом. Образуется грубогумусовый горизонт – механическая смесь грубого органического вещества (15-35% в горизонте) и минеральной массы почвы темно-бурого и тёмно-коричневых цветов. Встречается в почвах типа ржавозёмов, литозёмов и криометаморфических почв.

Перегнойные аккумуляции формируются в условиях переувлажнения, поверхностного или грунтового, и широком диапазоне температурного режима. Горизонт характеризуется высокой, более 50%, степенью разложенности органического вещества (до мажущейся массы чёрного цвета) содержанием более 25% от массы почвы. Является типичным для разных типов перегнойных почв.

Наиболее часто в почвах России из данных группы процессов можно наблюдать процессы торфообразования. Торф (субстанция с содержанием органического вещества более 35 % и степенью разложенности менее 50%) накапливается в условиях, препятствующих разложению. Лимитирующими микробиологическую активность факторами может служить состав органического вещества, трудно поддающийся разложению, длительное переувлажнение и недостаток тепла. В отличающихся условиях увлажнения и с разными видами растений результат процесса торфообразования тоже различен. В.Д. Тонконогов и др. выделили несколько видов процессов:

Торфяные аккумуляции широко распространены в тундрах, таёжных ландшафтах с холодным, ограничивающим процессы гумификации гумидном климате. Они наблюдаются в подстилочно-торфяном горизонте, не испытывающим постоянного переувлажнения; при постоянном переувлажнении может образоваться торфяный горизонт (мощностью 10-50 см). Эти горизонты наблюдаются в профилях тундровых, подзолистых, подзолах, подбурах и других автоморфных и полугидроморфных почвах тундр и северной тайги.

В болотных ландшафтах нашей зоны торфообразовательный процесс является ведущим, и образованные им почвенные горизонты служат диагностическими. В верховых болотах, источником переувлажнения которых являются только атмосферные осадки, развиваются олиготрофно-торфяные аккумуляции, состоящие из слаборазложившихся мхов в основном сфагнового рода. Образованный горизонт имеет светлый цвет благодаря слабой разложенности органического вещества, и кислую или сильнокислую реакцию, из-за малого содержания нейтрализующих оснований. К этому процессу отнесены только те, результатом действия которых является торфяный горизонт мощностью более 50 см.

Эутрофно-торфяные аккумуляции образуются вследствие длительного переувлажнения минерализованными грунтовыми водами – в низинных и отчасти переходных болотах. Образующийся торф имеет более тёмные цвета благодаря большей степени разложенности и высокую зольность по сравнению с олиготрофно-торфяными аккумуляциями

Сухоторфяные аккумуляции накапливаются уже в условиях без переувлажнения, в умеренном морском климате, образуя соответствующий органогенный горизонт из слаборазложившихся остатков.

К этой же группе процессов трансформации органического вещества авторы отнесли деструктивный торфяный процесс, происходящий в природе при отрыве торфа от грунтовых вод из-за мерзлотного выпучивания и его активной минерализации и оземления.

ЭПП превращения и передвижения минеральных и органических продуктов почвообразования.

Характеристика, данная Почвенным институтом им. В.В. Докучаева, 2006 г.

В монографии Почвенного института имени В.В. Докучаева следующую характеристику элементарных почвообразующих процессов дают В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и М.И. Герасимова:

Процессы хемогенной дифференциации

Процессы хемогенной дифференциации заключаются в миграции вещества по профилю и приводят к дифференциации химических соединений элементов (оксидов, гидроксидов, солей) и органического вещества в почве.

Альфегумусовая (иллювиально-алюмо-железисто-гумусовая) дифференциация – сложный процесс, приводящий к возникновению различий в валовом содержании оксидов Al, Fe и Si в верхних горизонтах почвенного профиля. Происходит в почвах гумидных ландшафтах, как правило песчаных, в кислой среде и сильной ненасыщенности ППК основаниями. Его разделяют на два вида – альфегумусовое иллювиирование и альфегумусовое оподзаливание, которые могут выступать как стадии единого альфегумусового макропроцесса.

Альфегумусовое иллювиирование – процесс, включающий, во-первых, разрушение неустойчивых соединений железа и алюминия (главным образом силикатов) под действием фульвокислот и их мобилизацию; во-вторых, частичное биологическое поглощение Fe и Al разрушенных силикатов; затем их альфегумусовую миграцию из подстилки; и, наконец, аккумуляцию этих мобилизованных соединений в верхней минеральной част и профиля. Образуется непосредственно под подстилкой иллювиальный альфегумусовый горизонт. Он характеризуется наличием сплошных гумусово-железистых плёнок по песчинкам, образованием «мостиков» между ними. Различают несколько модификаций этого процесса – иллювиально-гумусовый, образующий горизонт кофейно-коричневых цветов за счёт преобладающей аккумуляцией гумуса над железом, и илювиально-железистый, жёлто-охристого цвета с преобладанием накопления железа. Процесс альфегумусовго иллювиирования характерен для подбуров, богатых алюмо- и ферросиликатами, способных к выветриванию, в условиях нормального увлажнения.

Альфегумусовое подзолообразование заключается в разрушении в верхней части профиля железо- и алюмосодержащих минералов и растворении железистых плёнок на поверхности минеральных зёрен, затем идёт вынос продуктов разрушения из верхней части профиля, наконец происходит их осаждение в средней части совместно с фульвокислотами. В результате этого процесса появляется элювиально-иллювиальное распределение по профилю полуторных оксидов и гумусовых кислот (снижение их относительного содержания и остаточное повышение содержания кремнезёма в белёсом подзолистом горизонте, залегающем непосредственно под органогенным). Такая ситуация складывается при почвообразовании на бедных полуторными оксилами песках – образовании подзолов.

В отдельный процесс была выделена редокс-альфегумусовая дифференциация профиля. Она характеризуется наложением на альфегумусовый процесс при сезонном переуважнении горизонта ещё и процессов восстановления железа, перехода в более растворимую закисную форму, миграцию вниз по профилю, и осаждению на радиальном окислительном барьере в окисной форме. В почвах с интенсивным развитием этого процесса – светлозёмах Западной Сибири и Европейского Севера наблюдается резко повышенное содержание железа в иллювиальном горизонте относительно фульвокислот и алюминия.

Процессы окислительно-восстановительной дифференциации железа и марганца проявляются в почвах с периодическим переувлажнением и контрастной сменой окислительно-восстановительного режимов – глеезёмах, осушаемых торфяниках, глееватых почвах в виде чередовании глеевых пятен восстановленного железа и ржавых – окисленного (мраморовидная окраска), образовании конкреций железа и марганца – рудяковых зёрен, примазок, и т.д. Процесс заключается, во-первых, в переходе, при переувлажнении, железа в более растворимое восстановленное соединение, а затем, при неравномерном по почвенной массе доступе кислорода осаждение железа по порам и наиболее аэрируемым морфонам.

Гранулометрическая текстурная дифференциация.

В данную группу почвообразовательных процессов включены процессы, приводящие к гранулометрической и минералогической дифференциации текстурно-дифференцированных почв – подзолистых, лессивированнных бурозёмах, солодей и солонцов и др. В данной классификации было выделено всего три основных процесса, приводящих к гранулометрической дифференциации в этих почвах – селективное оподзоливание, лессиваж и солонцовый процесс.

Селективное оподзоливание в сущности представляет собой процесс альфегумусового подзолообразования (кислотный гидролиз минералов реакционноспособными гумусовыми, преимущественно фульвокислотами, вынос продуктов разрушения вниз по профилю), с той разницей, что при селективном оподзоливании кислотному гидролизу подвергаются выборочно тонкие частицы; продукты разрушения, как правило, не задерживаются в почвенном профиле и выносятся либо с латеральным стоком, либо в грунтовые воды. Образуется элювиальный горизонт (с более лёгким гранулометрическим составом), ниже которого горизонт может не содержать повышенное количество глинистых фракций.

Процессы дифференциации солей

Процессы перемешивания почвенной массы

Характеристика, данная Институтом географии Российской академии наук, 1992 г.

Характеристика, данная Б.Г. Розановым, 1980 г.

Микроморфологические проявления ЭПП

Сочетания ЭПП – общий почвообразовательный макропроцесс

ЭПП – сочетания из микропроцессов

Согласно учению А.А. Роде, ЭПП -

Почвенные микропроцессы – неспецифические процессы, могущие проходить и в других средах, кроме почвы. Выделяют:

Процессы обмена веществом и энергией между почвой и другими природгыми телами:

Многосторонний обмен газами в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Многосторонний обмен влагой в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Многосторонний обмен тепловой энергией в системе атмосфера – растения – почва – грунт

Обмен коротковолновой и длинноволновой радиацией в системе Солнце – почва – атмосфера – космическое пространство

Двусторонний обмен зольными веществами и азотом в системе почва – растения

Безобменное, преимущественно одностороннее поступление синтезированного растениями органического вещества

Двусторонний обмен между почвой и атмосферой пылью

Двусторонний обмен между почвой и грунтом растворимыми солями.

Процессы химического превращения в почвенном теле:

Разнообразные реакции разложения органических соединений, входящих в состав растительного опада

Микробный синтез и микробное разложение органоминеральных соединений разной природы.

Окисление и восстановление соединений, преимущественно железа и марганца

Отдельные реакции, слагающие разложение и превращение первичных и вторичных минералов, синтез вторичных.

Обмен молекулами и ионами и между твёрдой, жидкой и газовой фазами почв.

Изменения физического состояния почв.

Фазовые переходы воды (испарение и конденсация, замерзание и оттаивание) и солей (растворение и выпадение в осадок, кристаллизация)

Изменение структурного состояния почвенной массы (агрегация и дезагрегация; коагуляция и пептизация)

Изменения степени дисперсности твёрдых частиц (физическое дробление, образование конкреций, и т.д.)

Процессы передвижения в почвенном теле:

Передвижение воздуха внутри почвы:

под влиянием изменения давления и температуры диффузное передвижение воздуха в жидкой фазе передвижение водяного пара под градиентом его давления

Передвижение жидкой фазы под влиянием:

гравитационных сил

каппилярных сил

сорбционных сил

осмотических сил

Передвижение твёрдой почвенной массы под влиянием:

гравитации

почвенных и наземных животных, растений, и рост корней растений

гравитационных сил.

Нетрудно заметить, что все эти перечисленные типы микропроцессов наблюдаются во всех без исключения почвах (кроме, пожалуй, мерзлотных явлений в почвах без сезонного промерзания – краснозёмах и желтозёмах, и др.)

Моделирование ЭПП

**Глава 3. Развитие процессов во времени – стадийность, смена при развитии почвы, последовательность, характерное время, завершённость**

Известный почвовед С.А. Захаров затронул в своих исследованиях и изменение почвообразовательного процесса со временем. Эволюцию почв он представлял как непериодические изменения почв, в отличии от «жизни» почвы, её сезонных изменений. Были перечислены три случая – 1) развитие, или онтогения почвы – образование почвы из материнской породы; 2) эволюция почвы – изменение зрелой почвы во времени без изменения почвообразователей; 3) метаморфоз, изменение почв из-за изменения почвообразователей.

В развитии почвы он выделял несколько стадий:

1) первая стадия – образования горизонта А

2) вторая – образование переходного горизонта и увеличение перегнойного

3) третья – образование переходного горизонта в элювиальный и образование горизонта иллювиального

Захаров рассматривал онтогению почвы как стадии «молодости», «зрелости» и «старости». В конце последнего он даже употреблял понятие «смерть» почвы, считая, что при дальнейшем выщелачивании почв какого-либо типа ослабевают его признаки и свойства, т.е. типы почв постепенно будут превращаться в подзолистые. По Захарову, почва в своём развитии соответствует почвенному типу лишь на стадии зрелости. Для случая эволюции почвы он, цитируя проф. Коссовича, предлагает постепенную смену щелочного выветривания, при дальнейшем выщелачивании и накоплении гумусовых веществ, кислотным типом. Описывается ситуация смены процессов для рендзин: выщелачивание – оподзоливание; по Коссовичу, любая почва – это стадия общего для всех почв почвообразовательного процесса, развивающегося по подзолистому типу. В случае наступления леса на степь он описывает следующий ряд изменений (по исследованиям Коржинского): изменение чёрной окраски в серую, потом и в белесоватую, исчезновение порошисто-зернистой структуры, появление присыпки, образование подзолистого горизонта. Идёт вымывание – сперва Ca и Mg, а затем Fe2O3 Al2O3.

Выделим наиболее известные ряды последовательных смен почвообразовательных процессов.

**Список литературы**

1. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
2. Генезис и география почв. К шестидесятилетию академика И.П. Герасимова. – М.: Наука, 1966. – 208 с.
3. Геннадиев А.Н., Глазовская М.А. География почв с основами почвоведения. – М.: Высшая школа, 2003. – 461 с.
4. Герасимов И.П., Глазовская М.А. Основы почвоведения и география почв. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1960. – 490 с.
5. Герасимов И.П. Современный докучаевский подход к классификации почв и его применение на почвенных картах СССР и мира // Почвоведение. – 1964. - №6. – с. 1-14
6. Герасимов И.П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв // Почвоведение. – 1973. №5. – с. 102-113
7. Герасимов И.П. Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов // Почвоведение. – 1975. №5. – с. 5-9
8. Герасимов И.П. Учение В.В. Докучаева и современность. – М: Мысль, 1986 – 124 с.
9. Герасимова М.И. О микроморфологической диагностике элементарных почвенных процессов // Почвоведение. – 1985. №11. – с. 105-113
10. Глазовская М.А. Почвы мира. - ч.1. и 2. 1973. – с.
11. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозём. – М.: Издательство Московского университета, 1994. – 544 с.
12. Докучаев В.В. Избранные сочинения. Т.1. Русский чернозём (1883). – М.: ОГИЗ Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1948. – 480 с.
13. Дюшофур Ф. Элементарные почвенные процессы: возможности применения в классификации и диагностике // Почвоведение – 1985. №11. – с. 46-53
14. Захаров С.А. Курс почвоведения. – М., Л.: Государственное издательство сельскохозяйственной и колхозно-кооперативной литературы, 1931. – 438 с.
15. Козловский Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова. – М.: ГЕОС, 2003. – 536 с.
16. Неуструев. С.С. Классификация почвообразовательных процессов. Краткая инструкция для изучения почв в природе. – Петроград: Коммерческая скоропечатня, 1916 – 43 с.
17. Неуструев С.С. Генезис и география почв. – М.: Наука, 1977. – 328 с.
18. Почвообразовательные процессы. Коллектив авторов под ред. М.С. Симаковой, В.Д. Тонконогова. – М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2006. – 510 с.
19. Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. Российская Академия наук. – М.: Наука, 2006. – 568 с.
20. Процессы почвообразования и эволюция почв. Отв.ред. Таргульян В.О., Величко А.А. – М: Наука, 1985 – 249 с.
21. Роде А.А. Генезис почв и современные процессы почвообразования. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
22. Роде А.А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. – М.: Наука, 1976. – с. 5-33.
23. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. – М.: Издательство Московского университета, 1975. – 294 с.
24. Самойлова Е.М. О понятии «элементарный почвообразовательный процесс» // Вестник МГУ, сер. Почвоведение. – 1986. №3. – с. 7-12.
25. Самойлова Е.М. Эволюция почв. – М.: Издательство Московского университета, 1991. – 40 с.?
26. Сибирцев. Н.М. Почвоведение. Выпуск 1-3. – СПб.: типография И.Н. Скороходова, 1900. – 546 с.
27. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. – Новосибирск: ВО Наука, 1993. – 232 с.
28. Соколова Т.А., Дронова Т.Я. О диагностике и механизме процесса оглинивания в некоторых типах почв // Почвоведение. – 1983. №7. – с. 16-25
29. Таргульян В.О. Почвообразование и элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. – 1985. №11. – с.36-45
30. Таргульян В.О. Элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. – 2005. №12. – с. 1412-1422.
31. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.: Наука, 1992. – 184 с.