

УДК 574:631.4

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ГЛЕЕ- И ПОДЗОЛО- ОБРАЗОВАНИЯ В ПОЧВАХ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

И.М. ЯШИН, И.С. КАУРИЧЕВ

(Кафедры экологии и почвоведения)

Рассматривается фактический материал в связи с разработкой проблемы глее- и подзолообразования в таежных ландшафтах. Делается вывод о том, что это два самостоятельных и своеобразных почвенных (и биогеохимических) процесса. Их проявление в таежных ландшафтах неразрывно связано как с неодинаковыми условиями среды (и разными классами живых организмов), так и с неоднозначными по составу, свойствам и масштабу новообразованными продуктами. Своеобразна здесь и роль воды: при оглеении она — фактор гидролиза и формирования коллоидных систем, а при оподзоливании — один из факторов переноса продуктов почвообразования. В почвах таежной зоны Земли наблюдается также аддитивное проявление глее- и подзолообразования, что обуславливает довольно широкий спектр взаимосвязанных почвенных мезо- и микропроцессов (и почв), диагностика которых все еще затруднена и дискуссионна.

Проблема познания глее- и подзолообразования относится к одной из самых многогранных и актуальных, но еще не решенных задач почвоведения. Дальнейшее исследование этих процессов крайне необходимо, поскольку поможет углубить представления о генезисе почв таежных экосистем, усовершенствовать их классификацию, уточнить

основы природопользования и инвентаризации земельных ресурсов северных регионов. Подобная информация весьма полезна и при составлении оценочно-стоимостных и бонитировочных шкал почв тайги европейского Севера, где данные процессы исключительно широко распространены и влияют на структуру почвенного покрова. Кроме

того, эта информация может способствовать решению ряда биогеохимических вопросов, связанных с поведением токсикантов [14, 30].

Трактовка глее- и подзолообразования в настоящее время неоднозначна, а нередко и противоречива, поскольку для объяснения уникальных биогеохимических процессов почвообразования в последние годы все чаще используются не соответствующие объекту методы [25].

Привлечение литогенной теории рельефообразования и перевод ряда интересных идей палеогеографии, четвертичной геологии и литологии в почвоведение для объяснения генезиса почв таежной зоны европейского Севера с текстурно-дифференцированным профилем имеет известные позитивные стороны [26, 29]. Однако при этом упускаются самобытность и важная роль химического и биогеохимического этапов выветривания при трансформации массивно-кристаллических горных пород в новое природное тело — почву (и почвенный покров).

Имеющаяся недооценка биологического фактора в почвенных процессах (в том числе и в агроландшафтах) тесно связана с несовершенством методологии и методики исследований: до сих пор изучаются не сами почвенные процессы в условиях натурального стационарного опыта, а в лучшем случае их современные продукты, что неадекватно [30, 31].

При обосновании концепций теории почвоведения целесообразно обратить внимание на следующие методологические аспекты: во-первых, на принцип дополнительности, сформулирован-

ный физиком Н.Бором — «...наша способность анализировать гармонию окружающего мира и широта его восприятия всегда будут находиться во взаимоисключающем, дополнительном соотношении»; во-вторых, на системный подход при оценке почвенных процессов — «...почва-компонент и почва-продукт» конкретной экосистемы [15]: без учета групп живых организмов ни почву, ни почвенные процессы рассматривать некорректно; в-третьих, следует учитывать факторы времени и пространства, имеющие свои конкретные структуру, протяженность и направленность, что отражается в понятиях «почва-память» и «почва-момент» [26, 28] (предлагается дополнить данную категорию терминами «почва-точка» и «почва-пространство»); в-четвертых, необходимо принимать во внимание уровни структурной организации веществ в почве — ионно-молекулярный, коллоидный, уровень сложных (комплексных) биомолекул и активных радикалов (биополимеров), клеточный и др. Такой подход позволяет дифференцированно изучать и идентифицировать продукты почвообразования [36].

При диагностике почвенных процессов, естественно, используются определенные понятия и термины [26], а поскольку их трактовка часто противоречива, целесообразно обратиться к «Толковому словарю...» (цит. по [10]). В нем, в частности, выделяются «подзолистый» и «подзолообразовательный» процессы (но не оподзоливание) и «оглеение». «Подзолистый» — один из процессов, приводящих к формированию осветленного горизонта (элювиального)... в условиях промывно-

го водного режима. «Подзолообразовательный» (с. 206) — сочетание процесса подзолистого, оглеения и лессиважа приводит к образованию подзолистых почв. «Оглеение» (с. 162) — процесс образования глея. А глей — «это горизонт биохимического восстановления с преобладанием в окраске зеленоватого, голубоватого и сизого цветов».

Обоснование генезиса ведущих почвенных процессов в таежных экосистемах, предлагаемое разными авторами, неоднозначно. Так, Ф.Р. Зайдельман [11, 12] придает глеевому процессу более широкое, а иногда и решающее значение в подзолообразовании. Он, в частности, отмечает, что «наиболее характерным признаком оглеения служит вынос железа, а интенсивность глееобразования характеризуется лишь степенью выноса железа из почвенного мелкозема, «свободного от новообразований». Глеевый процесс, по мнению этого автора, совершается биохимическим путем и за счет лессиважа. При этом подчеркивается, что биохимический путь «является ведущим фактором возникновения светлых элювиальных горизонтов вообще во всех почвах». Рассмотренная концепция полностью исключает гидрогенную аккумуляцию железа и других элементов, не учитывает биогеохимические особенности проявления элювиально-глеевого процесса [20], а также особенности поведения железа, алюминия, кремния... в зависимости от условий и характера геохимии ландшафта. Указанная точка зрения отражает развитие взглядов С.П. Яркова (1960), отмечавшего, «...что без оглеения подзолообразование в принципе невозможно».

На профилеобразующую роль оглеения в таежной зоне указывается в [27].

Имеется мнение [11], что оглеение способствует глубокой трансформации химического состава почвенной массы, однако есть и иная точка зрения. Так, в [3] указывается: «Наши данные подтверждают вывод Brown (1954) об идентичности минералогического состава силикатной фазы ила сизых и бурых участков глеевых горизонтов» (с. 233). И далее: «...оглеение и в проточном режиме (в подзолистых почвах катены северной части Клиско-Дмитровской гряды. — И.Я.) не приводит к существенным изменениям в силикатной фазе илистых фракций...» «С нарастанием оглеенности почв в них происходит уменьшение степени дифференциации минералогического состава ила и уменьшение мощностей зон потери глинистых минералов»... как следствие «ослабления суспензионной миграции ила и ослабления разрушения глинистых минералов» (с. 235).

Одним из авторов данной работы [17] разработана концепция элювиально-глеевого процесса почвообразования. Было предложено четко разделять почвы на собственно глеевые с доминированием устойчивого грунтового и элювиально-глеевого поверхностного переувлажнения. Для первых типична гидрогенная аккумуляция в верхних генетических горизонтах соединений Fe и Mn, для вторых — осветление гор. $A_{2(g)}$ за счет нисходящей (абиогенной) миграции. Она созвучна позиции, предложенной в [10]. Отметим лишь 2 положения в пользу самостоятельности рассматриваемых ЭПП —

оподзоливания и оглеения. Во-первых, самостоятельность любого элементарного мезопроцесса, на наш взгляд, определяется специфичностью механизма, условиями протекания и новообразованными продуктами (необязательно конечными и аккумулируемыми в твердой фазе в виде оксидов и консервативных форм ГС). В этом отношении мезопроцессы оподзоливания и оглеения в подзолистых почвах таежных экосистем европейского Севера являются самобытными по слагаемым микропроцессам и существенно различаются по конечным продуктам [1—3, 9, 10, 12, 13, 17—21, 23—29, 34—43].

Другое дополнение заключается в том, что ЭПП очень часто реализуются совместно, а в их развитии могут принимать участие и одинаковые микропроцессы. Это обстоятельство сближает ЭПП по механизму изменения вещественного состава минеральной основы. Однако подобное положение не может служить основанием для рассмотрения одного мезопроцесса почвообразования как фазу или стадию другого. Например, при проявлении таких мезопроцессов, как оподзоливание, оглеение, осолодение, осолонцевание (в различных зонах Земли), возникают сопряженные микропроцессы формирования, трансформации и миграции комплексных органоминеральных соединений. Тем самым своеобразный процесс хелатизации в почвах отражает разнообразие форм и состояний веществ, что свидетельствует не только об активном превращении почвенных соединений, но и о важной роли в этих реакциях и процессах ВОВ с кислотными и комплексообразующими

ми функциями. Поэтому вопросам генезиса компонентов ВОВ в данной работе уделено пристальное внимание, в частности, при обосновании их биогеохимических функций в процессах глее- и подзолообразования, что и составляет основу настоящего сообщения.

Методика

Исследование процессов глее- и подзолообразования проводилось в серийных лабораторных и натуральных экспериментах с использованием современных методов — модификационного варианта сорбционных лизиметров и радиоактивных изотопов в сочетании с хроматографией (гель-фильтрацией, ионным обменом, бумажной распределительной, адсорбционной колоночной) и другими физико-химическими методами исследования [33].

Типоморфные химические элементы (Fe, Al, Si и Ca) и углерод ВОВ в растворах и почвах определяли общепринятыми методами [36].

С целью установления масштаба выноса и компонентного состава ВОВ, мигрирующих в почвах подзолистого типа, использовали метод сорбционных лизиметров, в которых обычно применяли 2—3 разнотипных поглотителя [16].

Группы и компоненты ВОВ выделяли по известной схеме W.Forsyth (1947) [33, 36] и идентифицировали с помощью метода бумажной хроматографии, используя также специальные методики. В результате была обоснована эффективность комплексного применения колоночной адсорбционной хроматографии на низкомолекулярном активированном угле «карболен» и гель-хроматографии при решении ряда функцио-

нальных почвенно-экологических задач [14, 16, 18, 32—36].

Отмечено, что использование модифицированного варианта сорбционных лизиметров [33] в натуральных опытах позволяет оценить скорость и направленность процессов трансформации труднорастворимых химических соединений. Этот метод отличают также простота, экономичность и безопасность, что предопределяет возможность применения его в почвах биосферных заповедников, городских и национальных парков, учебно-опытных хозяйств, селекционных и опытных станций, водоохраных зон ландшафтов и селитебных территорий.

Математическую обработку аналитических результатов осуществляли с использованием вариационной статистики для однородной выборки [16].

В Архангельской области почвенно-экологические стационары заложены в 1977 г. в пределах северной тайги на глееподзолистых почвах («Мезенский»); на подзолистых глееватых («Холмогорский») и в пределах средней — на подзолистых лесных и пахотных («Няндомский», «Каргопольский» и «Вилегодский»); в Карелии — на подзолистых иллювиально-железистых и слабоподзолистых поверхностно-глееватых на ленточных глинах — в заповеднике «Кивач»; в Подмоскowie — в подзоне южной тайги на сильноподзолистых (лесных) и дерново-подзолистых (лесных) и пахотных) средне- и тяжелосуглинистых подзолистых и болотно-подзолистых почвах в «Белом Расте» Дмитровского района и в учхозе Тимирязевской академии «Михайловское» Подольского района. Почвенный

покров стационаров изучен как с помощью детальной почвенной съемки (М 1 : 200), так и путем закладки траншей и опорных разрезов.

Почвенные объекты в Подмоскowie всесторонне охарактеризованы в работах [16—18], в Архангельской области и Карелии — в [36 и др.].

На основе фактических данных нами проведена сравнительная оценка движущих сил, характера микропроцессов и продуктов глее- и подзолообразования в условиях таежных ландшафтов европейского Севера. Подобный подход включал также диагностику рельефа, уровня залегания грунтовых вод, состояние растительного покрова и его использование (пашня, лес, луг). Учет особенностей функционирования экосистем исключительно важен, поскольку конкретизирует своеобразие процессов глее- и подзолообразования в геохимическом ландшафте [20]. Наряду с пространственной оценкой процессов глее- и подзолообразования следует отразить и фактор почвенного (и экосистемного) времени. Подробно он рассмотрен в работах [26, 28] на примере «почва-память» и «почва-момент».

Результаты

Имеющаяся информация позволяет констатировать, что макропроцесс подзолообразования и мезопроцесс оглеения в своей сущности имеют биогеохимическую природу. Они дифференцированы в пространстве и времени по уровням проявления (разные масштабы, скорости и формы превращения веществ и энергии и др.) и химической организации соединений сообразно специ-

фике функционирования микрофлоры, а также экосистем и геохимических ландшафтов [1, 2, 30, 36].

Механизм оподзоливания состоит в разрушении почвенных минералов преимущественно как под воздействием разнообразных групп, фракций и индивидуальных органических соединений, входящих в состав ВОВ и мобилизуемых в раствор из ВМС гумусовых веществ почвы и опада (лигнина, клетчатки, полисахаридов, полипептидов, воскосмол и др.), так и при участии кислотных продуктов, образующихся в процессе жизнедеятельности таежной растительности, грибной микрофлоры, мхов, водорослей и лишайников [1, 2, 15, 21, 23, 35]. Он может развиваться и в аэробных, и в периодически анаэробных условиях среды. При этом активную и своеобразную роль играют абиотические миграционные процессы, идентифицированные нами на почвенно-геохимических барьерах. Остаточные продукты оподзоливания представлены в основном консервативными (и малоподвижными) формами химических элементов, маркирующими почвенный профиль [26, 28, 29, 36].

Современное подзолообразование в южнотаежных биогеоценозах европейского Севера при отсутствии сезонного переувлажнения почвы (например, под кроной зрелой ели) протекает с участием компонентов ВОВ без ярко выраженной коллоидной стадии трансформации химических соединений, как это проявляется при оглеении. Рассматриваемые процессы кислотного гидролиза и сорбционного комплексообразования есть следствие эффективного и направленного воздействия продуктов жизнедеятельности групп

живых организмов таежных экосистем на среду их обитания — подзолистую почву [36]. Примечательно, что в структуре почвенного покрова (СПП) юго-запада Подмосковья подобные ареалы почв не образуют сплошной (фоновый) покров, как это имеет место в подзоне средней тайги, но залегают локально, в виде пятен, тяготея к участкам зрелых деревьев, например ели и других. Отмеченная особенность компоновки элементов СПП обстоятельно изучена [15, 20 и др.].

Оглеение — биохимический (микробиологический) восстановительный процесс, реализующийся только в условиях анаэробнозиса при непосредственном участии ВОВ [1].

В серии модельных лабораторных и стационарных опытов были изучены некоторые черты процесса оглеения моренного бескарбонатного суглинка под влиянием ВОВ, мобилизуемых в раствор из негумифицированных растительных остатков хвои ели и зеленых мхов [34]. Результаты исследований позволяют выделить несколько ключевых микропроцессов взаимодействия и трансформации компонентов ВОВ с оглеенным суглинком: 1) мобилизация в раствор из алюмосиликатов типоморфных химических элементов — Ca, Fe, Al и Si; 2) превращение химических элементов с участием ВОВ и анаэробной микрофлоры, включающее формирование и трансформацию коллоидов с образованием осадков гидрогелей гидроксидов Fe и Al, а также кремниевой кислоты; 3) формирование устойчивых металлорганических соединений, способных к миграции; 4) участие простых гидратирован-

ных ионов $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$, $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$, $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ в ионообменных реакциях; 5) кольматаж и резкое ухудшение инфильтрации почвенных растворов.

Миграционная способность ионных форм закисного железа значительно меньше, чем железосульфатных комплексных соединений. По данным [30], в опытных колонках с образцами из генетических горизонтов подзолистой почвы скорость миграции ионов Fe^{2+} была в 100—200 раз меньше средней скорости потока носителя, а скорость перемещения железосульфатных комплексных соединений — в 3—6 раз меньше скорости движения гравитационной воды.

По мнению ряда авторов, в природной обстановке начальные стадии оглеения проявляются в зонах распространения корневых систем растений [1, 23], что позволяет судить о своеобразной роли ВОВ в реакциях оглеения и трансформации основных типоморфных химических элементов Fe, Mn и Si в абиотической среде, периодически возникающей, например, в почвах тундры [27].

В условиях эксперимента Fe обнаружено во всех вариантах взаимодействия ВОВ, мобилизованных из растительных остатков в раствор, с оглеенной породой. Значительные концентрации этого элемента в растворимом состоянии обусловлены формированием его коллоидных соединений, которым свойственна аккумуляция гидратированных ионов того же металла на поверхности ядер коллоидных частиц [7].

Компоненты ВОВ стабилизируют как гидрозоли гидроксида Al, так и гидратированные ионы (аквакомплекс) — $[\text{Fe}(\text{OH})_6]^{2+}$,

$[\text{Fe}(\text{OH})_5]^+$ — с образованием устойчивых сложных комплексов хелатного, а возможно, и других типов. Перемещение Fe в оглеенной породе в жидкой фазе осуществлялось при инфильтрации растворов с активным участием ВОВ: бескарбонатная порода практически не сорбировавала низкомолекулярные органические вещества. Компоненты ВОВ использовались анаэробной микрофлорой и выступали наряду с органическими и минеральными (газообразными) продуктами метаболизма микроорганизмов в роли активных восстановителей Fe.

Следовательно, характерными особенностями процесса оглеения является формирование коллоидных систем и интенсификация реакций в цепи физико-химической трансформации веществ почвы и породы:

труднорастворимые соединения ВОВ ↔ коллоидные системы ВОВ ↔ многочисленные мобильные формы химических элементов (ионно-молекулярные, органо-минеральные и др.).

Примечательно, что в условиях таежно-лесной зоны указанные состояния химических соединений в принципе контролируются процессами мобилизации ВОВ из растительных остатков и их биодegradацией микроорганизмами, способствующими образованию восстановительных газообразных продуктов (H_2S , N_2O , CO и др.), функции которых уникальны и многообразны [2, 9].

Коллоидные соединения самопроизвольно стремятся перейти в состояние с наиболее низкой свободной поверхностной энергией, что

достигается агрегацией частиц или путем сорбции ионов [7, 14, 24, 40]. В последнем случае возможны как ионообменные реакции в диффузном слое частиц, так и сорбционное комплексообразование. В частности, гидрофобные коллоиды $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$ термодинамически неустойчивы, но могут стабилизироваться в растворах соответственно при $\text{pH} \sim 3$ и ~ 5 , например, компонентами ВОВ. Органические вещества в растворах, на наш взгляд, сорбируются в слое мицеллы, который определяет значение потенциала, обуславливая перезарядку коллоидных частиц. Одновременно наблюдается мобилизация в раствор гидратированных ионов $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ и $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$ [7]. Донорами ионов H_3O^+ являются ВОВ, ГС, а также гидролизующиеся при оглеении породы ионы Fe^{3+} , Al^{3+} [36, 37].

Экспериментальное обоснование генезиса глее- и подзолаобразования с биогеохимических позиций неразрывно связано с оценкой «работы» живого вещества, в частности продуктов жизнедеятельности таежных экосистем — компонентов ВОВ.

Функциональная роль групп ВОВ в миграции продуктов почвообразования неоднозначна: индивидуальные органические вещества типа таннидов и низкомолекулярных органических кислот (НМОК) активно участвуют в сорбционно-десорбционном взаимодействии с почвенными минералами и гумусовыми соединениями. Их концентрация резко уменьшается после контакта с горизонтами A_1, A_2, A_3, \dots Фульвокислоты и уруновые кислоты выступают основными мигрантами, участвующими в перераспределении мо-

бильных форм продуктов почвообразования. Более четкие закономерности изменения компонентного состава ВОВ в годичном цикле миграции были установлены в средне-суглинистой подзолистой почве (под кроной ели), не испытывающей сезонного переувлажнения.

Существенное изменение состава ВОВ наблюдается после миграционного прохождения ими первого почвенно-геохимического барьера, каким является даже слабообразованный гумусово-аккумулятивный горизонт почвы. Так, если в зоне формирования фульвокислот (ФК), т.е. гор. A_0 , на долю последних в составе ВОВ приходится 52,9 мг/л, то на выходе из гор. A_2 — в 4,4 раза больше (объемы элюатов и массы сорбентов const). Следовательно, формирование нативных групп ФК в почвах таежных экосистем — своеобразный процесс, отражающий не только сорбционно-каталитические особенности почв подзолистого типа и ГС, но и уникальные (и типичные) для биосферы процессы формирования металлорганических комплексов [35].

Абиогенная миграция ВОВ определяет целый ряд специфических и взаимосвязанных процессов, которые находят отражение как в сопряжении зон образования лигандов (гор. A_0) и зон их взаимодействия с почвой, так и в качественном составе новообразованных соединений.

В условиях избытка ВОВ с ярко выраженными кислотными и комплексообразующими функциями наблюдается активное сорбционное взаимодействие органических лигандов с минералами и их активная трансформация: мобилизация ионов Ca , K , Fe , Al , Mn и Si в раствор и их

последующее заметное «закомплексовывание». Поэтому вынос этих элементов в почвах таежных экосистем в известной мере наблюдается в форме устойчивых (и биологически активных) органо-минеральных комплексов [14, 16—19]. При дефиците ВОВ (и временном сезонном переувлажнении нижних горизонтов) в почвах таежных экосистем не исключена миграция тонкодисперсных частиц при участии ВОВ. В этом случае ВОВ стабилизируют почвенные частицы в растворе, проявляя свойства гидрофильных коллоидов [8, 17, 21].

Подобные новообразованные системы могут быть устойчивыми и миграционноспособными. Однако тонкодисперсные частицы почв, обладающие высокой удельной поверхностью, активно сорбируют не только вещества, но и микроорганизмы [1, 8]. В связи с этим такие системы будут трансформироваться прежде всего, а крупные инертные частицы — постепенно накапливаться в горизонтах подзолистой почвы [29].

Своеобразие процессов мобилизации ВОВ из опада и последующая их абиогенная миграция обусловлены как внешними факторами (климатическими условиями, возрастом и спецификой функционирования таежных биогеоценозов, запасами и свойствами лесных подстилок), так и внутренними (генезисом почв, структурой почвенного покрова, микрорельефом, спецификой гумусообразования, гранулометрическим составом и другими параметрами) [36].

В этой связи были количественно обоснованы основные статьи баланса углеродсодержащих веществ, образующихся при трансформации

опада (тотально меченного изотопом ^{14}C) в поверхностных слоях автономных и гетерономных (с притоком влаги) лесных и пахотных почв подзоны средней тайги (Вилегдский стационар в Архангельской области). Установлено, что в почвенных процессах обновления гумуса, минерализации ВОВ и их абиогенной миграции существенную роль играют степень и характер гидроморфности (атмосферное или грунтовое увлажнение) подзолистых почв. Так, в автономных лесных и пахотных почвах наиболее активно протекает минерализация новообразованных компонентов ВОВ (соответственно 70 и 83% к суммарной активности). В условиях атмосферного увлажнения, дефицита в растительном опаде Ca , N , P и других элементов живые организмы таежных экосистем весьма активно утилизируют компоненты ВОВ, богатые энергией и содержащие биологически активные продукты (в частности, металлорганические комплексы). Отмечено, что в кислом интервале ($\text{pH} < 5$) биополимеры типа ГС практически не формируются [22]. При этом в исходном субстрате удерживается 16% массы ВОВ, устойчивых к биodeградации. В автономных подзолистых почвах таежных экосистем наблюдается отбор термодинамически устойчивых низкомолекулярных органических веществ, обладающих ярко выраженными кислотными и комплексобразующими свойствами [18, 22, 30, 34]. Вертикальный абиогенный вынос углерода ВОВ здесь выражен слабо.

В гетерономной (избыточно увлажненной) болотно-подзолистой почве, приуроченной к западине на

пологом склоне моренного увала, основное количество новообразованной массы ВОВ (до 1/3) не только утилизируется микроорганизмами, но и закрепляется в органогенном субстрате. Почти 1/5 часть массы ВОВ включается в гумусовые соединения (главным образом в ФК) и 1/10 часть мигрирует с гравитационной влагой в профиле. Поверхностное оглеение способствует более интенсивному выносу современных продуктов почвообразования и внутриверхнего выветривания в условиях склонового ландшафта. За 2 года наблюдений путь миграции углерода ВОВ составил 39—44 см. Зона миграции ВОВ «размыта» и тяготеет к пустотам, трещинам и «языкам» горизонта A_{2g} (табл. 1). Миграция веществ в профиле почвы вообще проявляется в виде множества элементарных актов сорбции-десорбции, поэтому только с помощью метода радиоактивных индикаторов удается установить количественные закономерности процессов формирования, трансформации и абиогенной миграции углерода ВОВ. Но поскольку данный метод не позволяет учитывать одновременно и качественный состав мигрируемых ВОВ, целесообразно использовать метод сорбционных лизиметров (МСЛ) [16]. Например, прямые долговременные наблюдения, выполненные нами на стационарах в «Белом Расте» на севере Подмосковья с помощью МСЛ, позволили установить ряд характерных особенностей изменения состава и свойств ВОВ при миграции в почвах. В глееватом подзоле (под кроной зрелой ели) масштаб миграции углерода ВОВ был заметен больше, чем в болотно-подзолистой почве, в связи

с лучшей дренированностью профиля. При этом в глееватом подзоле отмечался сорбционный максимум в зоне гор. A_2 , слабо насыщенного ВОВ. Прочность закрепления в этом горизонте компонентов ВОВ явно недостаточная для формирования гуминоподобных продуктов при дефиците Ca^{2+} . В условиях кислой реакции среды при низком содержании N, P и Ca в наземном растительном опаде процессы превращения ВОВ протекают в направлении формирования низкомолекулярных органических продуктов кислотной природы. Таким образом, кислотообразование — типичный почвенно-экологический процесс, биохимически выгодный живым организмам таежных экосистем. Возможно, это один из основных путей их адаптации к суровым условиям таежной зоны.

Освоение и окультуривание лесных почв таежной зоны приводят к радикальному изменению направленности и характера биологического круговорота веществ [6, 11, 30]. Поэтому реализация теоретических концепций современных систем земледелия неразрывно сопряжена с дальнейшей разработкой таких их блоков (подсистем), как мелиоративный и экологический [31]. В этой связи весьма актуальны натурные исследования не только процессов миграции ВОВ в почвах агроландшафтов, но и выяснение специфики их взаимодействия с химическими мелиорантами, коллоидами и т.д. Установлено, что в пахотных дерново-подзолистых почвах юго-запада Подмосковья (стационар «Михайловское») мобилизация ВОВ в летний период идет как из раститель-

Перераспределение новообразованных ВОВ при трансформации тотально меченого ^{14}C растительного опада в глубокоподзолистых легкосуглинистых почвах средней тайги (Вилегодский стационар в Архангельской области)

Основные статьи баланса ВОВ по $^{14}\text{C}^*$	Лесная		Пашотная автономная
	автономная	гетерономная	
Остаток в исходном растительном субстрате	16,1±0,3	29,5±0,9	5,8±0,2
Поглощено корнями растений и мхами	0,9±0,0	7,4±0,6	0,1±0,0
Включено в гумусовые соединения почвы в слое внесения (0—3 см)	5,8±0,1	18,2±0,4	4,1±0,1
Минерализовано до конечных продуктов (CO_2 , H_2O и минеральных солей)	70,4±4,6	32,4±2,5	83,0±4,1
Миграция с потоком гравитационной воды в глубь профиля (нижняя граница зоны — 39—44 см)	6,8±0,2	12,5±0,3	7,0±0,2

* Процент суммарной активности исходного органогенного субстрата через 2 года наблюдений. Меченый углерод твердых проб почвы и растений определяли в гелевых сцинтилляторах марки ЖС-13 н. Степень радиоактивности субстратов измеряли на приборе ПП-8 («Волна») с газоразрядным счетчиком Г-25-БФЛ. Ошибка измерений не превышала 10% при доверительном интервале 99%.

ных остатков, так и из корневых выделений культурных растений. При этом наибольший масштаб выноса ВОВ (15 г С на 1 м²) отмечен в вариантах опыта 7 при совместном использовании минеральных и органических удобрений в условиях 3-ярусной и отвальной обработок почвы. В осенне-ранневесенний сезон продуцирование компонентов ВОВ в раствор происходит в основном за счет трансформации растительных остатков, органических удобрений и гумусовых веществ почвы. Сильнее эти процессы выражены в вариантах опыта с внесением органических удобрений, а при минимальной обработке — в вариантах без удоб-

рений (12,9 г/м²). За год нисходящий вынос углерода ВОВ достигает здесь 21,2 г/м², приближаясь по масштабу к лесным почвам. На этом аналогия функционирования почв нативных (таежных) и агроэкосистем в принципе и заканчивается. Пашотные почвы большую часть года находятся без растительности, испытывая непосредственное воздействие абиотических факторов выветривания — воды, ветра и энергии Солнца, которые в нативной таежной экосистеме так или иначе дифференцируются и воздействуют на почву и породу уже опосредованно — через фотосинтетические продукты, микрофлору и ее продукты.

При освоении подзолистых почв заметно усиливаются деятельность микрофлоры и роль абиогенной миграции в элювиально-иллювиальной дифференциации веществ. Здесь подзолистый горизонт не исчезает полностью, несмотря на его припашку, а перемещается глубже, под горизонт $A_{\text{пах}}$, что косвенно подчеркивает важное значение абиогенной миграции в современном формировании профиля по гранулометрическому и химическому составу [18]. При этом на пахотных угодьях, лугах и залежах активно проявляется и поверхностное оглеение (из-за ярко выраженного микрорельефа), которое совместно с абиогенным перераспределением веществ и становится движущей силой современного почвообразования. В связи с отсутствием высшей древесной (хвойной) растительности оглеение выполняет не только стартовую функцию трансформации почвенных минералов [17], но и при одностороннем воздействии (векторе) микрофлоры и потоков гравитационной влаги осуществляет функцию профильного развития почвенной массы. Для таких экосистем агроландшафтов оглеение (наряду с обособлением пахотного аккумулятивного горизонта) выступает, очевидно, ведущим профилеобразующим процессом, который включает и реакции оподзоливания [11, 12]. Это один из примеров сопряженного проявления мезопроцессов оподзоливания и оглеения.

Завершая рассмотрение фактической информации о педогенных и биохимических функциях ВОВ, считаем целесообразным обратить вни-

мание на то, что живые организмы, а также периодические внутривертикальные потоки воды и ВОВ являются тем реальным и постоянно действующим биогеохимическим фактором, который обуславливает не только динамичность почвенных процессов, но и формирование своеобразных продуктов, влияющих на свойства почв подзолистого типа. Отмечается двойственное почвенно-экологическое влияние компонентов ВОВ: положительное и отрицательное. Первое, в частности, обусловлено их непосредственным участием в гумусо- и структурообразовании, формировании горизонта A_1 , переносе мобильных веществ и энергии в экосистемах, активизации биохимических процессов и т.д. Негативная роль ВОВ (с агрономической точки зрения) связана с генерированием в раствор ионов H_3O^+ , кислотным гидролизом минералов, проявлением ими свойств ингибиторов биохимических реакций, токсициантов и др. [36]. При этом функции новообразованных компонентов ВОВ в агроландшафтах дополняются новыми, отсутствующими в нативных экосистемах. Это связано с систематическим использованием как целевых продуктов техногенеза (удобрений, мелиорантов, пестицидов и др.), так и непреднамеренным попаданием в ландшафты различных отходов производств (жидких, твердых и газообразных). И те и другие химические соединения испытывают активное воздействие со стороны ВОВ почв подзолистого типа, начальным этапом которого является мобилизация в раствор ионов металлов и последующие их трансформация и миграция (биологическая и абиотическая). С по-

мощью компонентов ВОВ различные токсиканты, находящиеся в техногенных продуктах, превращаются в мобильные органо-минеральные производные, которые приобретают ряд новых уникальных свойств: биологическую активность, устойчивость в водных растворах, способность к миграции и другие, а также склонность к включению в биогеохимические циклы биофильных элементов и трофические цепи [14]. В современный период размеры и темпы техногенных нарушений компонентов экосистем (растительности, вод, почв и атмосферы) заметно опережают появление научной информации о процессах, вызванных влиянием продуктов, образующихся в результате антропогенного воздействия и самого этого воздействия. Сократить указанный стремительно увеличивающийся разрыв чрезвычайно важно прежде всего в целях обеспечения безопасности человечества¹.

Эволюционные изменения состава и свойств химических соединений в живых организмах (с участием токсикантов) могут привести к радикальным негативным изменениям функций ДНК, генов и иммунной системы. Кинетика таких реакций идет по экспоненте. В ближайшие годы такие процессы, вероятно, проявятся интенсивно и масштабно.

Экспериментальный материал, полученный авторами при изучении состава и свойств органо-минеральных соединений Fe, Al и Si, мигрирующих по профилю почв таежной зоны, показывает, что в этих новообразованных соединениях в качестве полидентатных лигандов выступают разнообразные индивидуаль-

ные органические соединения и гетерогенные фракции ФК. Такие компоненты могут быть в форме катиона и аниона, а также в виде электронной нейтральных молекул, что определяет, во-первых, широкий спектр сорбционно-десорбционных взаимодействий при их почвенно-геохимической миграции [16—18, 33—35], а во-вторых, их уникальную роль при поглощении растениями N, P, K, Ca и др. [6, 14, 30].

В таежных ландшафтах биогеохимические функции ВОВ отражают преимущественно миграционную направленность явлений, которые связаны с определенной аккумуляцией и трансформацией веществ на различных геохимических барьерах — биогенном, сорбционном, глеевом, карбонатном, окислительном и др. Их сопряженная оценка является актуальной задачей [6, 8].

В принципе почвенно-геохимическими барьерами являются генетические горизонты почв таежных (и иных) экосистем, в пределах которых наблюдается смена одной физико-химической обстановки другой. В условиях временного сезонного переувлажнения — при поверхностном оглеении почв — формируются наиболее контрастные барьеры на пути миграции веществ. Генетическая самобытность каждого барьера (почвенного горизонта и иных природных образований) и почвы в целом обуславливают многообразие состояний и форм мигрируемых химических элементов. При этом миграция проявляется в виде комплекса микропроцессов и реакций (сорбционно-десорбционные

¹ Осознание обществом кризисной ситуации в биосфере и темпы его реакции на уже разразившийся экологический кризис очень замедленны [14, 30].

взаимодействия, осадко- и комплексобразование, биогенная и абиотическая миграция, диффузия и т.д.), способствующих перераспределению веществ как между горизонтами почв ЭПА, так и между их сочетаниями в экосистемах и геохимических ландшафтах. Отмеченные особенности, равно как и оценка экстенсивных и интенсивных факторов миграции веществ, представляют самостоятельный и весьма актуальный раздел экологического почвоведения, методология которого так или иначе опирается на достижения теории динамики сорбции и хроматографии [16, 24].

На основании собственных и литературных сведений выполнен ана-

лиз движущих сил, специфики реакций, особенностей состава и свойств новообразованных продуктов, формирующихся при развитии процессов глее- и подзолообразования (табл. 2).

Представленная в табл. 2 информация не является исчерпывающей. Последующее ее обогащение данными о трансформации и миграции веществ в таежных экосистемах позволит развить концепцию об экологических функциях почв [8] и уточнить основные положения, связанные с разработкой приоритетной проблемы — определение поведения токсикантов (тяжелых металлов, радионуклидов и т.д.) в геохимических ландшафтах.

Т а б л и ц а 2

Сравнительная оценка движущих сил, специфика микропроцессов и продуктов глее- и подзолообразования в почвах таежных экосистем и геохимических ландшафтов европейского Севера

Основные явления и процессы	Характеристика нативных процессов почвообразования	
	подзолообразование	глееобразование
<p>I. Движущие силы биогеохимической миграции и трансформации веществ:</p> <p>а) биогенный цикл*)</p> <p>б) абиогенный цикл</p>	<p>а) Таежные экосистемы (высшие растения, мхи, лишайники, микрофлора — грибы (и их продукты)</p> <p>б) Вода как фактор главным образом переноса веществ в профиле почвы, ландшафте</p>	<p>а) Анаэробные микроорганизмы (и их продукты)</p> <p>б) Вода как фактор гидролиза поливалентных металлов; вода + ВОВ как фактор кислотного гидролиза коллоидов, минералов... и создания анаэробной среды</p>
<p>II. Ландшафтно-геохимические условия:</p> <p>а) характеристика элементарного ландшафта</p> <p>б) тип миграции продуктов почвообразования</p> <p>в) почвенно-геохимические барьеры</p>	<p>а) Автономный (элювиальный) и транзитно-элювиальный</p> <p>б) Биогенный и абиогенный циклы миграции</p> <p>в) Биогенный; карбонатный, окислительный; кислотный (гор. A_2 — осаджение Si)</p>	<p>а) Супераквальный и субаквальный (подводный) локально и элювиальный</p> <p>б) Диффузия и коллоидная миграция Fe, Mn, Al и Si</p> <p>в) Глеевый (без H_2S); сероводородный; периодически окислительный</p>

Основные явления и процессы	Характеристика нативных процессов почвообразования	
	подзолообразование	глеобразование
г) залегание почв по рельефу	г) Почвы водоразделов, склонов моренных гряд, холмов и выположенных увалов, а также речных и озерных террас	г) Почвы низин, болот, растающих озер и депрессий в таежных ландшафтах, западины на водоразделах
III. Оценка БИК (тайга)	Биомасса ~ 500—300 (ц · га ⁻¹) Прирост — 40—80 (ц · га ⁻¹)	Точная диагностика затруднена
IV. Почвенно-биогеохимическая обстановка таежной экосистемы: а) окислительно-восстановительные условия б) преобладающие катионы в ППК в) характер превращения наземного растительного опада г) образование и превращение групп ГС д) реакции, типичные для превращения почвенных минералов е) водный режим ж) реакция среды [H ⁺]	а) Eh > 350 мВ б) H ₃ O ⁺ и Al ³⁺ в) Биогенное кислотообразование при ярком дефиците ионов Ca ²⁺ , минерализация ВОВ и их миграция: формирование при этом в гор. A ₂ и A ₂ B группы ФК г) В кислом интервале рН биополимеры типа ГС не формируются. Доминируют ВОВ с низкими молекулярными массами (ММ < 1000) д) Доминирует биогеохимическое выветривание при активном участии ВОВ. Гравитационные потоки влаги устраняют разобщенность зон мобилизации и взаимодействия ВОВ с минералами. При этом зоны реакций постоянно обновляются, так как продукты удаляются. Сорбция ВОВ минералами, имеющими наибольшую сорбционную емкость. Мобилизация в раствор ионов Ca ²⁺ и др. Перевод их в биогенный и абиогенный потоки. Совокупность гор. A ₀ A ₁ , A ₂ и A ₂ B есть	а) Eh < 350 мВ (нередко < 0) б) H ₂ O ⁺ и Fe ²⁺ (нередко и Al ³⁺ в кислой среде) в) Биогенное кислотообразование с накоплением индивидуальных органических веществ в составе ВОВ, их минерализация и трансформация г) В зависимости от значения рН и наличия ионов Ca ²⁺ процесс образования ГС может быть как активным, так и заторможенным (с различным качественным составом ГС) д) Доминирует биогеохимическое выветривание при активном участии ВОВ (как энергетического фактора). Очень динамичны реакции трансформации форм и состояний веществ: гидратация минералов, гидролиз поливалентных металлов и кремния — образование коллоидных систем. Сорбция ВОВ коллоидами. Модификация и ВОВ, и самих коллоидов. Активный этап (при устойчивом оглеении) «быстро» затухает из-за ухудшения инфильтрации растворов.

Основные явления и процессы	Характеристика нативных процессов почвообразования	
	подзолообразование	глеобразование
	<p>следствие функционирования таежных экосистем и специфики почвообразования</p> <p>е) промывной</p> <p>ж) $pH < 5,5$</p>	<p>Доминируют диффузия и пленочно-капиллярное движение веществ. Трансформация биофильных элементов — N, P, S и др. с образованием восстановительных продуктов (H_2S, N_2O и т.д.)</p> <p>Оглеенные горизонты — продукты жизнедеятельности анаэробной микрофлоры при активном участии коллоидов</p> <p>е) Застойный (грунтовое оглеение) или периодически застойно-промывной.</p> <p>ж) pH варьирует в широком интервале: от кислого до слабощелочного</p>
<p>V. Особенности почвенно-геохимической миграции продуктов почвообразования:</p> <p>а) разнообразие мигрантов и их формы</p> <p>б) дальное действие</p>	<p>а) Включает число геохимических барьеров (см. выше) и формы миграции веществ: ионно-молекулярные металлорганические комплексные соединения; локальный перенос тонкодисперсных частиц возможен при дефиците ВОВ и оглеении отдельных горизонтов подзолистых почв</p> <p>б) Почвы экосистем и сопряженных геохимических ландшафтов</p>	<p>а) То же (см. выше), формы миграции веществ — коллоидная, металлорганические комплексы, диффузия ионов в оглеенных горизонтах</p> <p>б) Глеевые горизонты полугидроморфных и гидроморфных почв тайги и частичный вынос продуктов почвообразования в депрессии</p>
<p>VI. Основные горизонты и профилообразующие процессы почвообразования</p>	<p>Биогенное кислотообразование, биогеохимическое выветривание, сорбционное комплексобразование в песчано-супесчаных разновидностях почв. В суглинистых и глинистых почвах таежных экосистем наблюдается резкое ухудшение</p>	<p>Развитие восстановительных процессов, формирование гор. A_0^m, T и A_d^t; гумусообразование, активное кислотообразование, гидролиз, образование коллоидных систем, кольматаж, сегрегация Fe, Mn и др., огливание гор. B, лессии</p>

Основные явления и процессы	Характеристика нативных процессов почвообразования	
	подзолообразование	глеобразование
	инфильтрации влаги и появление анаэробных процессов. Здесь возможно сочетание истинного подзолообразования и глееобразования	важ (при поверхностном оглеении). Формирование газов с восстановительными функциями H_2S , N_2O , H_2 , NH_3 , CO и др. Ферролиз минералов (?)

Примечание. «а», «б», «в» и т.д. в боковике и в столбцах таблицы рассматриваются сопряженно.

Выводы

1. Глее- и подзолообразование — самостоятельные мезо- и макропроцессы. В реальной обстановке таежных экосистем и ландшафтов они могут проявляться и сопряженно.

2. Движущими силами глее- и подзолообразования выступают: работа живого вещества, круговорот воды и гравитация. Изучаемые процессы диагностируются на различных уровнях системной организации химических соединений: оглеение — микробиологический процесс, оподзоливание обусловлено функционированием комплекса живых организмов.

3. Наряду с самобытными и неоднозначными условиями процессы глее- и подзолообразования отличаются друг от друга механизмами реакций, новообразованными продуктами и набором маркирующих генетических горизонтов.

4. Своеобразной чертой оглеения является формирование и трансформация коллоидных систем Fe, Al, Si..., а также восстановление и сезонное накопление закисных форм поливалентных металлов. Важное

генетическое значение приобретают внутригоризонтная диффузия мобильных веществ и их сегрегация.

5. Подзолообразование обусловлено сочетанием ряда почвенно-экологических процессов: жизнедеятельностью древесной (хвойной) растительности, мхов, водорослей, лишайников и микрофлоры (грибов-кислотообразователей) и абиогенной миграцией веществ при участии ВОВ (фульвокислот и иных лигандов) в условиях промывного водного режима.

6. С позиции экологического почвоведения подзолообразование представляет биогеохимический процесс превращения инертных (в основном оксидных) форм Fe, Al, Ca, Si (и иных) почвообразующей породы в химически (и биологически) активные ионно-молекулярные формы соединений, богатые энергией. Новообразованные продукты отличаются уникальными свойствами: устойчивостью в водных растворах, интенсивным усвоением живыми организмами, мобильностью в ландшафтах и др.

7. Оглеение почв подзолистого типа сопровождается формированием глеевого и (или) оглеенных горизонтов. При подзолообразовании наблюдается развитие системы генетических горизонтов, что характеризует этот процесс как профилеобразующий.

8. В период антропогенеза генетические изменения в функционировании экосистем гумидных (таежных) ландшафтов Земли неразрывно связаны с процессами глее- и подзолообразования, которые можно рассматривать и как действенные трансформаторы инертных форм токсикантов в биологически активные соединения. Функции биосферы в этих условиях могут быть необратимо разрушены и не катастрофическим путем, а вследствие стремительного и масштабного накопления химически активных форм токсикантов в трофических цепях и биогеохимических циклах веществ. Вследствие этого произойдут радикальные нарушения в жизнедеятельности взаимосвязанных групп высших живых организмов, например, на уровне фотосинтеза, иммунной системы, функций генов и т.д. Косвенно они уже проявляются в генезисе ВОВ и ГС почв. Такое развитие возможно по экспоненциальным законам.

9. Эти аспекты и определяют острую необходимость разработки крупной комплексной программы, направленной, в частности, на исследование эволюции экосистем при техногенезе и обоснование экологической роли процессов глее- и подзолообразования. Данное научное направление в почвоведении является приоритетным, поскольку связано с обеспечением экологической безопасности человечества.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристовская Т.В.* Микробиология глеевого процесса. — В кн.: Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980, с. 75—88. — 2. *Аристовская Т.В.* Численность биомассы и продуктивность почвенных бактерий. — В сб.: Ресурсы биосферы. Л.: Наука, 1975, вып. 1. — 3. *Биогеохимические процессы в подзолистых почвах / Под ред. В.В. Пономаревой.* Л.: Наука, 1972. — 4. *Бирина А.Г., Куликов А.В.* Элементарные почвообразовательные процессы оглеения и минералогический состав ила в суглинистых подзолистых почвах. — В сб.: Процессы почвообразования и эволюция почв. М.: Наука, 1985, с. 219—237. — 5. *Вильямс В.Р.* Почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1939. — 6. *Глазовская М.А., Перельман А.И.* Современные почвенно-геохимические проблемы. — В кн.: 100 лет генетического почвоведения. М.: Наука, 1986, с. 161—170. — 7. *Дерягин Б.В.* Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986. — 8. *Добровольский Г.В., Никитин Е.Д.* Учет миграции тонкодисперсной глинистой плазмы в почвах. — Науч. докл. Высш. шк. Биол. науки, 1976, № 2, с. 128—130. — 9. *Емцев В.Т., Туев Н.А., Ручко Р.В.* Разложение гумусовых веществ почвенными анаэробными бактериями. — Сб. тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. Л.: ВАСХНИЛ, 1986, т. 56, с. 29—38. — 10. *Зонн С.В.* Диагностика основных ЭПП по соотношению групп и форм соединений железа. — В кн.: Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М.: Наука, 1982, с. 146—150. — 11. *Зайдельман Ф.Р.*

Естественное и антропогенное переувлажнение почв. С.-Пб., 1992. — 12. *Зайдельман Ф.Р.* Глееобразование — глобальный почвообразовательный процесс. — Почвоведение, 1994, № 4, с. 21—31. — 13. *Иванов И.Г.* Основные направления почвообразования и некоторые региональные особенности почв. — В кн.: Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976, с. 147—166. — 14. *Карпунин А.И., Яшин И.М., Черников В.А.* Формирование и миграция комплексов водорастворимых органических веществ с ионами тяжелых металлов. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 2, с. 107—126. — 15. *Карпачевский Л.О.* Почва — компонент разных природных систем (методологические вопросы). — В сб.: История и методология естественных наук. М.: МГУ, 1980, с. 55—61. — 16. *Кауричев И.С., Яшин И.М., Кашанский А.Д.* Применение метода лизиметрических хроматографических колонок в почвенных исследованиях. — В кн.: Методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1977, с. 167—198. — 17. *Кауричев И.С.* Элювиально-глеевый процесс и его проявление в некоторых типах почв. — В сб.: Современные почвенные процессы. М.: МСХА, 1974, с. 5—17. — 18. *Кауричев И.С., Кашенко В.С., Яшин И.М.* Некоторые аспекты подзолообразования в почвах средней тайги. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 2, с. 81—90. — 19. *Ковда В.А.* Миграция и аккумуляция соединений железа, марганца и алюминия в почвах. — В кн.: Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985, с. 180—196. — 20. *Ливеровский Ю.А., Дзедевич Г.А.* Глеевые почвы некоторых геохимичес-

ких ландшафтов южной тайги. — В сб.: География почв и геохимия ландшафтов. М.: МГУ, 1967, с. 3—36. — 21. *Никитин Е.Д.* Миграция железа в почвах таежно-лесных ландшафтов. — Почвоведение, 1980, № 9, с. 23—33. — 22. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты и общая теория гумификации. М.: МГУ, 1990. — 23. *Роде А.А.* Подзолообразовательный процесс. М.-Л.: АН СССР, 1937. — 24. *Рачинский В.В.* Введение в общую теорию динамики сорбции и хроматографии. М.: Наука, 1964. — 25. *Симонов Г.А.* Оподзоливание и лессиваж: достоверные и вероятностные диагностические критерии. — Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. наук, 1983, № 5, вып. 1, с. 3—11. — 26. *Соколов И.А.* Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Наука, 1993. — 27. *Таргульян В.О., Бирин А.Г.* Профилообразующая роль оглеения в суглинистых почвах таежной зоны ЕТС. — В сб.: География и генезис антропогенноизмененных и естественных почв. М.: Наука, 1986, с. 14—26. — 28. *Таргульян В.О., Соколов И.А.* Структурный и функциональный подход к почве: «почва-память» и «почва-момент». — В кн.: Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978, с. 17—33. — 29. *Тонконогов В.Д.* Глинисто-дифференцированные почвы европейской территории Союза. Докт. дис. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1988. — 30. *Фокин А.Д.* Почва, биосфера и жизнь на Земле. М.: Наука, 1986. — 31. *Черников В.А., Яшин И.М.* Некоторые принципы эколого-химической диагностики продуктов деградации гумусовых соединений почв агроландшафтов. — Изв. ТСХА, 1995,

вып. 1, с. 87—100. — 32. Яшин И.М. Взаимодействие гидроксида железа, препаратов гуминовых кислот и доломита с водорастворимыми органическими веществами подзолистых почв. — Изв. ТСХА, 1991, вып. 5, с. 46—61. — 33. Яшин И.М., Кауричев И.С. Превращение растительных остатков и формирование групп гумусовых соединений в подзолистых почвах. — Изв. ТСХА, 1989, вып. 4, с. 42—53. — 34. Яшин И.М., Кауричев И.С. Особенности взаимодействия водорастворимых органических веществ с оглеенной породой в модельном лабораторном опыте. — Изв. ТСХА, 1992, вып. 6, с. 33—44. — 35. Яшин И.М., Нмадзуру Ибрагим, Шестаков Е.И. Особенности формирования водорастворимых органических веществ в подзолистых почвах и их роль в абиогенной миграции типоморфных

элементов. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 3, с. 126—142. — 36. Яшин И.М. Водорастворимые органические вещества почв таежной зоны и их экологические функции. — Докт. дис. М., МСХА, 1993. — 37. Bloomfield C. — J. Soil Sci., 1953 b, vol. 4/ — 38. Brikmann R. — Geoderma, 1969—1970, vol. 3, № 3, p. 199—206. — 39. Brewer R. Fabric and Mineral analysis of soils. N.Y., 1964. — 40. De Conick Fr. — Acad. anal ecta, 1983, vol. 45, № 2, p. 1—65. — 41. Miller W.P., Zelazny I.W., Martens D.C. — Geoderma, 1986, vol. 37, № 1, p. 1—13. — 42. Okasaki Masanori, Wada Hidenori, Takai Yasuo. — Proc Symp. Paddy Soil. Beijing; Berlin e.a., 1981, p. 235—250. — 43. Ugolini F.G., Dawson H., Zachard J. — Science, 1977, vol. 198, № 4317.

Статья поступила 1 сентября 1995 г.

SUMMARY

Actual material connected with development of the problem of gley- and podzol formation in taiga landscapes is considered. The conclusion is made that these are two independent and original soil (and biogeochemical processes). Their manifestation in taiga landscapes is inseparably linked both with different conditions of the medium (and different classes of living organisms) and with various in composition, properties and scale newly formed products. The role played by water is original too: with gleyzation it is a factor of hydrolysis and formation of colloidal systems, and with podzolization — one of the factors of transferring the products of soil formation. In soils of taiga zone of the Earth there is also additive manifestation of gley and podzol formation, which causes rather high spectrum of interconnected soil meso- and microprocesses (and soils), their diagnostics being still difficult and debatable.