

УДК 631.4

МЕХАНИЗМ ПРОЦЕССА ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ
И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ СВЕТЛЫХ КИСЛЫХ
ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Ф.Р. ЗАЙДЕЛЬМАН

(Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова)

Показано, что единственной причиной образования почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами в верхней части их профиля является процесс глееобразования в тех случаях, когда он осуществляется в условиях застойно-промывного водного режима на кислых, нейтральных или выщелоченных породах любого гранулометрического состава, не содержащих сульфатов. Рассмотрена роль лессиважа и разных форм кислотного гидролиза в формировании светлых кислых элювиальных горизонтов. Обнаружено, что лессиваж играет факультативную роль в формировании таких горизонтов, а глееобразование в условиях застойно-промывного режима есть не что иное, как одна из наиболее агрессивных форм кислотного гидролиза, возникающая в анаэробной среде.

Ключевые слова: анаэробноз, глееобразование, подзолообразование, переувлажнение, водный режим, промывной режим, застойный режим, застойно-промывной режим, подзолистый горизонт, конкреции.

Внимание к генезису почв со светлыми кислыми элювиальными (подзолистыми) горизонтами обусловлено их своеобразием и исключительной ролью в земледелии и лесном хозяйстве страны, а также нерешенными проблемами их генезиса, формирования и эволюции.

Цель настоящих исследований — раскрыть механизм образования светлых кислых элювиальных (т.е. подзолистых) горизонтов.

С этой целью решались следующие задачи:

1. Сбор и анализ литературных данных о причинах образования подзолистых горизонтов в профиле почв.
2. Моделирование процесса глееобразования в условиях застойного и застойно-промывного водного режима на почвообразующих породах разного генезиса и гранулометрического состава.
3. Анализ изменения физико-химических, морфологических, химических свойств почвообразующих пород под влиянием глееобразования в условиях разных типов водного режима.

Эти почвы впервые были описаны В.В. Докучаевым в 1880 г. в статье «О подзоле» [5]. Причину возникновения подзолов песчаного, суглинистого и глинистого состава Докучаев видел прежде всего в их периодическом переувлажнении и связанном с ним анаэробнозе.

Из этого исходили и его последователи: А. Георгиевский [3], Н.М. Сибирцев [17], П.С. Коссович [13] и др. В 1888 г. А. Георгиевский писал: «Подзол мог образоваться только там, где даны условия для восстановительных процессов».

Однако в начале XX в. эти продуктивные взгляды В.В. Докучаева и его учеников не получили развития и были надолго забыты.

Позднее В.Р. Вильямс [1], И.В. Тюрин [18] и В.В. Пономарёва [14] связывали образование подзолистых горизонтов с воздействием на породы специфических органических кислот, под влиянием которых, как полагали авторы, происходит кислотный гидролиз алюмосиликатов.

К.К. Гедройц [2] утверждал, что подзолообразование обусловлено разрушающим действием водорода на поглощающий комплекс почв.

В 1932 г. К.Д. Глинка [4] выдвинул принципиально новую концепцию, в которой считал, что «существенную роль в подзолообразовании играют процессы вымывания и вымывания коллоидов, а кислотное разложение — лишь слабый сопутствующий процесс».

В 1934 г. Н. Чернеску разделил почвы с горизонтами А2 на две группы. Первую на песках предлагалось рассматривать как подзолистые почвы. Вторую — на суглинках и глинах — он отнес к почвам, в которых горизонт А2 образуется в результате выноса коллоидов без разрушения алюмосиликатов.

В 50-х гг. XX в. Ф. Дюшофур [20] и Р. Дюдаль [21] ввели понятие «лессиваж» и предложили систему диагностики этого процесса по трем известным критериям.

В 1961 г. С.П. Ярков [19] показал, что железо может выноситься за пределы почвенного профиля только в анаэробной среде в двухвалентной форме, т.е. в условиях глееобразования.

Так сложилось современное представление о том, что подзолообразование — полигенетический процесс, при котором подзолистые горизонты формируются под влиянием: 1) лессиважа; 2) кислотного гидролиза; 3) глееобразования.

Рассмотрим роль этих трех процессов в формировании подзолистых горизонтов и подзолистых почв.

Лессиваж как причина образования горизонта А2

Распространено представление о том, что лессиваж образует в профилях суглинистых и глинистых почв светлые кислые элювиальные горизонты в результате выноса ила без разрушения алюмосиликатов.

Однако А.А. Роде [15] в 1964 г. на 37 разрезах суглинистых и глинистых дерново-подзолистых почв Восточно-Европейской равнины показал, что большинство таких почв формируется без участия лессиважа.

Позднее нами было изучено участие лессиважа в автоморфных и гидроморфных суглинистых и глинистых дерново-подзолистых и серых оподзоленных почвах на разных породах четырех катен южной тайги [9]. Установлено, что признаки лессиважа слабо проявляются или отсутствуют в автоморфных и четко выражены в глубокооглеенных дерново-подзолистых почвах на суглинках. Однако они отсутствовали в профилях дерново-подзолистых глееватых и глеевых суглинистых почв с мощными горизонтами А2.

В глинистых автоморфных дерново-подзолистых почвах были обнаружены лишь слабые признаки лессиважа, однако чаще они отсутствовали вообще. Во всех гидроморфных тяжелых почвах с выраженными подзолистыми горизонтами признаки лессиважа не установлены (рис. 1).

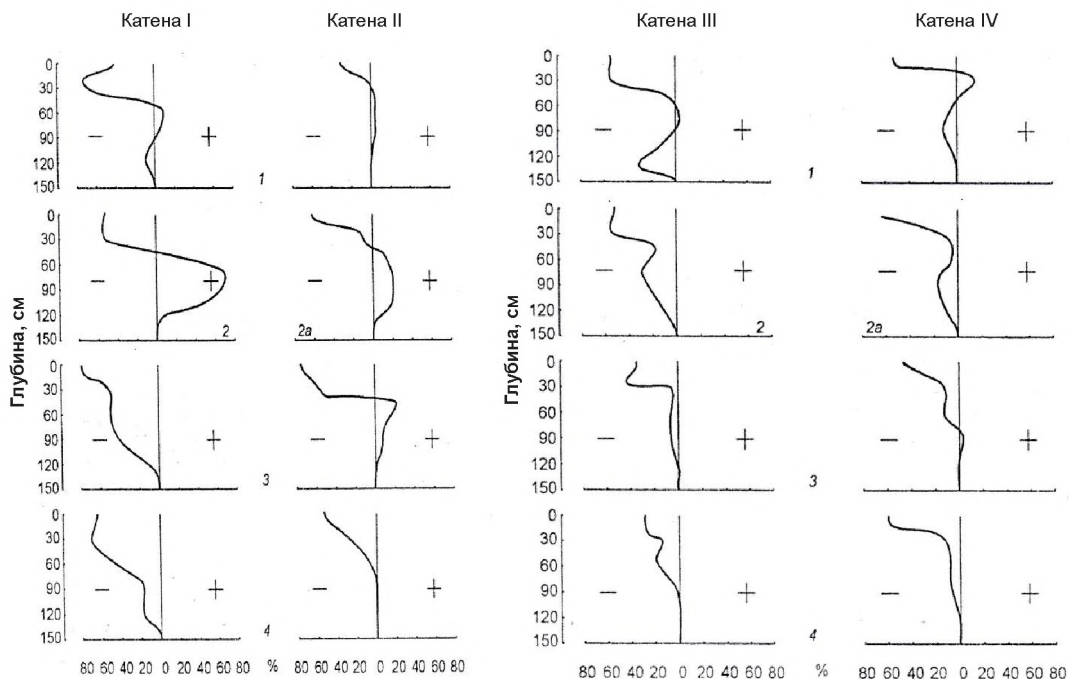


Рис. 1. Вынос (—) и накопление (+) ила в автоморфных и гидроморфных дерново-подзолистых почвах, % от содержания ила в почвообразующей породе: катена I — на лессовидных суглинках; катена II — в серых почвах на тяжелых лессовидных суглинках; катена III — на легких лессовидных глинах; катена IV — в дерново-подзолистых почвах на тяжелых тонкослоистых ленточных глинах. *Псчвы*: 1 — автоморфные (морфохромотические признаки оглеения отсутствуют); 2 — глубокооглеенные; 2а — слабоглееватые; 3 — глееватые; 4 — глеевые

Это позволяет признать, что лессиваж не является процессом, образующим горизонт А2 в суглинистых и глинистых подзолистых почвах. Он имеет лишь факультативный характер возможного, но не обязательного присутствия. Поэтому мы часто наблюдаем в естественных условиях развитие мощных подзолистых горизонтов при отсутствии признаков лессиважа. При этом с нарастанием степени оглеения лессиваж не усиливается, а, напротив, ослабевает или не проявляется вообще.

Формы кислотного гидролиза и глееобразования

Предпринятые исследования [6, 7, 9] позволяют признать, что глееобразование есть не что иное, как кислотный гидролиз в анаэробной среде. Это положение, сформулированное нами впервые, нуждается в обосновании, поскольку при такой трактовке глееобразование и кислотный гидролиз в анаэробной среде есть один и тот же тождественный процесс. Итак, что же подтверждает тождество процессов глееобразования и кислотного гидролиза в анаэробной среде?

Об этом свидетельствуют полученные нами и другими авторами следующие факты [9]:

1. В анаэробной среде при глееобразовании в результате ферментации органического вещества происходит резкое (в 1,5-3,0 раза) увеличение в почвенном растворе низкомолекулярных органических одно-, двух- и трехосновных кислот, аминокислот, фенолов и полифенолов, фульвокислот групп I и Ia. Эти кислоты действуют как растворители, как комплексообразователи и как восстановители.

2. В анаэробной среде при глееобразовании значительно увеличивается содержание восстановителей: водорода, метана, аммиака и др.

3. В результате глееобразования марганец, железо, алюминий, кальций, магний, титан и другие металлы переходят в раствор или выносятся за пределы профиля в ионной форме или в виде хелатов (внутрикомплексных соединений).

4. Кислотный гидролиз в анаэробной среде или глееобразование вызывают растворение железистых кулан зерен мелкозема и железистых несиликатных минералов. При этом происходит потеря общего железа.

5. Глееобразование вызывает восстановление «октаэдрического» железа и его выход из октаэдрических позиций. Это сопровождается увеличением числа ионов ОН в кристаллической решетке силикатов и ее частичной деградацией.

6. Восстановление «октаэдрического» железа до двухвалентного состояния и выход железа из октаэдрических позиций приводит к нарушению электростатического равновесия в решетке, создает вакантные позиции и способствует деградации кристаллических решеток слоистых силикатов.

7. Оглеение в кислых условиях приводит к частичной потере разбухающего смешанно-слоистого слюда-сметитового образования или к потере некоторого количества сметитовых пакетов из этого образования, вероятно, за счет процесса разрушения.

Таким образом, кислотный гидролиз в анаэробной среде и глееобразование следует рассматривать как тождественные процессы по своему действию на породу и как синонимы при характеристике этих явлений.

Кислотный гидролиз в аэробной среде на фоне промывного водного режима

В аэробной среде кислотный гидролиз не может вызвать формирования горизонтов А2, поскольку «несиликатное» железо кулан минеральных зерен сохраняется в нерастворимой трехвалентной форме. При этом растворяющая способность органических кислот недостаточна для его восстановления и перевода в раствор.

Кроме того, в аэробных условиях в почве отсутствуют неорганические восстановители. В дренированной аэробной среде не происходит несбалансированного выноса железа, т.е. глееобразования [6, 9].

Напротив, слабое кислотное воздействие в аэробной среде сопровождается его биогенным накоплением в горизонтах профиля. В результате формируются кислые бурые недифференцированные почвы, которые отличаются повышенным содержанием «общего и не силикатного» железа в поверхностных горизонтах.

Полученные данные позволяют признать, что из трех почвообразовательных процессов (лессиваж, кислотный гидролиз и глееобразование), которые в настоящее время считают ответственными за возникновение горизонта А2 и подзолистых почв, только один процесс [9] — глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима — реально формирует светлые кислые элювиальные (т.е. подзолистые) горизонты и почвы.

При этом установлено, что лессиваж — факультативное явление, которое не связано с подзолообразованием.

Что касается глееобразования, то при застойно-промывном водном режиме это есть наиболее агрессивная форма кислотного гидролиза в анаэробной среде. Поэтому при оценке причины, вызывающей образование горизонта A2, достаточно ограничиться указанием только на один процесс — глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима (рис. 2).

Исходя из этого, следует признать, что кислотное воздействие на минеральный субстрат почв осуществляется не в одной, как полагают в настоящее время, а в трех существенно различных по своему влиянию на почвообразование формах [9].

Это, во-первых, кислотный гидролиз в аэробной среде на фоне промывного водного режима; во-вторых, кислотный гидролиз в анаэробных условиях (т.е. глееобразование) на фоне застойного водного режима; в-третьих, кислотный гидролиз в пульсирующих аэробно-анаэробных условиях (т.е. глееобразование) на фоне застойно-промывного водного режима.

В принятой в настоящее время полигенетической формуле образования подзолистых горизонтов — лессиваж, кислотный гидролиз, глееобразование — второе и третье определения почвообразовательных процессов (т.е. кислотный гидролиз в анаэробной среде и глееобразование) по существу тождественны, а по терминологии



Рис. 2. Схема происходящих процессов под влиянием кислотного гидролиза в аэробной среде в условиях промывного водного режима

гии — синонимы. Это тождество обусловлено тем, что глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима, систематической смены аэробных и анаэробных условий, периодического накопления и сброса продуктов реакций является кислотным гидролизом, его одной из наиболее агрессивных форм, вызывающей образование светлых кислых элювиальных, т.е. подзолистых, горизонтов.

Другая форма кислотного гидролиза, т.е. глееобразование в условиях застойно-водного режима, приводит к формированию почв с недифференцированным профилем и не образует светлых кислых элювиальных горизонтов (табл. 4).

Наконец, третий член этой формулы — лессиваж — не является самостоятельным почвообразовательным процессом, приводящим к образованию светлых кислых элювиальных горизонтов. Это факультативное явление, которое, очевидно, не может определять их формирование.

Таким образом, глееобразование на фоне застойно-промывного водного режима на кислых и нейтральных породах является необходимым, достаточным и единственным условием формирования светлых кислых элювиальных (т.е. подзолистых) горизонтов в профиле почв. Именно поэтому подзолистые почвы моногенетичны по своему происхождению.

Следует особо подчеркнуть, что этот вывод справедлив для почв любого состава: песчаного, супесчаного, суглинистого и глинистого.

Таким образом, глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима является необходимым, единственным и достаточным фактором образования светлых кислых элювиальных (т.е. подзолистых) горизонтов независимо от их гранулометрического состава: песчаного, суглинистого или глинистого.

Поэтому почвы со светлыми кислыми элювиальными горизонтами на песках, суглинках и глинах формируются под влиянием одного и того же почвообразовательного процесса — глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима. Таким образом, их деление на две самостоятельные генетические группы, т.е. кислые почвы со светлыми горизонтами на песках и на суглинках и глинах, следует признать необоснованным.

Существенно и то, что светлые кислые элювиальные горизонты несут четкие признаки оглеения независимо от их гранулометрического состава и степени гидроморфизма. Они проявляются в их систематическом переувлажнении и падении ОВ-потенциала до 200 мв и ниже весной или в период выпадения осадков, обезжелезнении светлых горизонтов и их илистой фракции, восстановлении железа твердой фазы горизонта, образовании кутан и ортштейнов.

Природа сама подсказывает необходимость глееобразования для возникновения подзолистых горизонтов. Так, на рисунках 3 и 4 показан хвойный лес в пределах Припятского полесья. Это хорошо дренированная поверхность. Здесь на кислых породах и почвах под кислой моровой подстилкой, с грунтовыми водами на глубине 4 м под пологом хвойного леса в условиях промывного водного режима, казалось бы, при наличии всех факторов, необходимых для образования подзолистых почв, тем не менее последние не образуются. Здесь господствуют бурые недифференцированные почвы.

Однако как только мы попадаем в зону близкого залегания грунтовых вод (1 м и выше), как только в почвах возникают анаэробные условия на фоне застойно-промывного пульсирующего режима, так формируются почвы с дифференцированным профилем и четко выраженными светлыми кислыми элювиальными (т.е. подзолистыми) горизонтами (рис. 6 и 7). Их горизонт А2 превышает 20 см.



Рис. 3. Светлохвойный лес на мощных флювиогляциальных песках. Припятское полесье. Белоруссия



Рис. 4. Бурая недифференцированная супесчано-песчаная почва на мощных кислых песках. Припятское полесье

Глееобразование — кислотный гидролиз в анаэробной среде и его роль в формировании горизонта А2

Выше было показано, что кислотный гидролиз в анаэробной среде и глееобразование — тождественные процессы. Их влияние на минеральный субстрат определяется типом водного режима, генезисом и составом пород.

В этой связи были предприняты модельные исследования влияния глееобразования на почвообразующие породы в условиях застойного и застойно-промывного водного режима. В качестве пород использованы кислый лессовидный и карбонатный моренный суглинки, флювиогляциальный песок [7, 10, 11]. Схема опыта следующая (рис. 5). В таблицах 1-3 приведены результаты модельных исследований. Их итоговая характеристика сосредоточена в таблице 4.

Анализ гранулометрического состава (табл. 1) показывает, что под влиянием глееобразования в условиях застойного водного режима на кислых породах (лессовидный суглинок и флювиогляциальный песок) происходит интенсивное обезыливание минерального субстрата (в два раза). При застойном режиме (табл. 1) различия между вариантами контроль — застойный режим незначительны (16,4 и 17,6%).









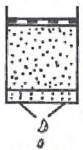
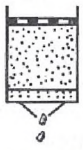

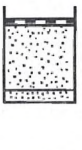
Варианты переувлажнения	Затопление 10 дней с последующей инфильтрацией		Постоянное затопление 2 года	
	дистиллированной воды	1% раствора сахарозы	1% раствором сахарозы	дистиллированной водой
лессовидный суглинок				
моренный карбонатный суглинок				
флювиогляциальный песок				
порода	контроль	Глееобразование в условиях		контроль
		застойно-промывного	застойного	
		водного режима		

Рис. 5. Схема эксперимента по изучению изменений свойств различных почвообразующих пород под влиянием оглеения в условиях застойно-промывного и застойного водного режима

При застойно-промывном режиме — 16,4% на контроле и 8,1% — после завершения эксперимента. Иная ситуация на карбонатном моренном суглинке. Здесь в условиях застойного и застойно-промывного режимов существенно увеличивается содержание ила — 18,7% на контроле, соответственно 26,7 и 23,9% ила в эксперименте.

Оглеение оказывает существенное влияние на физико-химические свойства пород. На кислых лессовидных суглинках и флювиогляциальных песках по сравнению с контролем происходит подкисление пород соответственно на 1,2 и 1,2 единицы рН. В лессовидных суглинках несколько возрастает рН породы в застойном режиме (с 5,8 в контроле до 6,3 в условиях застойного режима).

Оглеение вызывает на кислых породах резкое уменьшение содержания поглощенного кальция — с 12,2 до 2,0 ммоль/100 г в условиях застойно-промывного водного режима. При застойно-промывном водном режиме резко возрастает содержание подвижного алюминия (~ в 62 раза) на лессовидном суглинке и в 3 раза —



Рис. 6. Елово-сосновый мохово-черничный лес. Припятское полесье. Белоруссия



Рис. 7. Подзол гумусово-железистый супесчано-песчаный глееватый на мощных флювиогляциальных песках, заболоченный пресными грунтовыми водами

на песке. При застойном режиме отличие от контроля несущественно. Степень насыщенности основаниями по сравнению с контролем на фоне застойно-промывного режима снижается более чем в 3 раза (с 81 до 25%). В карбонатных породах практически остается близкой к контролю. В кислом флювиогляциальном песке снижается в два раза.

Заметно изменяется валовой состав в условиях застойно-промывного режима. На лессовидном суглинке возрастает содержание SiO_2 в условиях застойно-промывного режима на 1%, в песке — на 1,66%; в условиях застойного режима увеличение SiO_2 составило на песке 0,25, в застойно-промывном режиме — 1,76%. Резко уменьшилось содержание Fe_2O_3 , особенно на фоне застойно-промывного режима. Однако одновременно возросло содержание FeO . Это наиболее отчетливо можно было проследить в условиях застойно-промывного режима. Алюминий, марганец, кальций в условиях застойного режима практически не изменили свои значения по сравнению с контролем. Но на фоне застойно-промывного режима произошло резкое увеличение выноса практически всех элементов — алюминия, марганца, кальция, магния, титана.

Таблица 1

Изменение гранулометрического состава лессовидного, моренного суглинков и песка под влиянием оглеения в условиях застойного и застойно-промывного водного режима (слой 0,3-4, 0 см), % на бескарбонатную породу, метод Качинского

Порода	Водный режим	Содержание фракций (мм), %						
		1,00-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Лессовидный бескарбонатный суглинок	Контроль	3,6	22,1	49,8	3,5	4,6	16,4	24,5
	Застойный	1,6	14,3	57,1	4,6	4,8	17,6	27,0
	Застойно-промывной	5,6	24,3	49,3	6,4	6,3	8,1	20,8
Моренный карбонатный суглинок	Контроль	13,7	38,8	18,5	3,7	6,6	18,7	29,0
	Застойный	12,2	37,2	15,0	3,7	5,2	26,7	35,6
	Застойно-промывной	13,5	30,1	20,5	6,1	5,9	23,9	35,9
Флювиогляциальный песок	Контроль	70,6	24,8	2,0	0,3	0,8	1,5	2,6
	Застойный	41,3	55,0	1,6	0,6	0,6	0,9	2,1
	Застойно-промывной	25,2	70,3	2,2	0,9	0,6	0,8	2,3

Таблица 2

Изменения физико-химических свойств лессовидного, моренного суглинков и песка под влиянием оглеения в условиях застойного и застойно-промывного водного режима (слой 0,3-4, 0 см). Модельный эксперимент

Порода	Водный режим	рН	Поглощенные		Подвижные по Соколову		Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %
		H ₂ O	Ca ²⁺	Md ²⁺	Al ³⁺	h ⁺		
			ммоль/100 г абсолютно сухой почвы					
Лессовидный суглинок	Контроль	5,8	12,2	4,1	0,08	0,16	3,3	81
	Застойный	6,3	6,1	4,1	0,16	0,07	3,0	77
	Застойно-промывной	4,6	2,0	2,0	4,96	0,03	12,2	25
Моренный карбонатный суглинок	Контроль	7,9	22,4	10,2	Нет	Нет	0,17	100
	Застойный	7,9	14,2	10,2	«	«	0,25	98
	Застойно-промывной	7,3	10,2	6,1	«	«	2,0	98
Песок флювиогляциальный	Контроль	5,8	0,6	0,2	0,36	0,03	1,8	33
	Застойный	5,4	0,5	0,2	0,39	0,19	3,5	18
	Застойно-промывной	4,6	0,2	0,2	1,06	0,06	2,0	17

Таблица 3

**Изменение валового химического состава лессовидного суглинка
и флювиогляциального песка под влиянием оглеения
в условиях застойного и застойно-промывного водного режима (слой 0,3-4 см),
% на прокаленную бескарбонатную породу**

Порода	Водный режим	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	TiO
Лессовидный бескарбонатный суглинок	Контроль	78,07	3,70	0,60	10,89	0,07	1,10	1,42	0,61
	Застойный	78,91	2,63	0,90	10,87	0,06	1,11	0,81	0,53
	Застойно-промывной	79,05	0,91	1,68	9,48	0,01	0,96	0,65	0,55
Песок флювиогляциальный	Контроль	93,99	0,83	0,07	2,70	0,01	0,41	0,51	0,11
	Застойный	94,24	0,48	0,29	2,32	Следы	0,33	0,11	0,08
	Застойно-промывной	95,75	0,18	0,29	1,81	Нет	0,25	0,09	0,05

Таблица 4

**Изменение свойств почв и процессов под влиянием глееобразования
при застойном и застойно-промывном типах водного режима
(по материалам модельных и натуральных исследований)**

Свойства почв и процессы	Изменения свойств почв и процессов в результате глееобразования на фоне водного режима	
	застойного	застойно-промывного
Вынос Fe	Умеренный	Интенсивный
Вынос Al	Не выражен	Интенсивный
Вынос Ca и Mg	Не выражен или слабый	Интенсивный
pH	Без изменений или слабое подщелачивание	Резкое подкисление (на 1–2 ед. pH)
Подвижный алюминий	Без изменений	Резкое увеличение (на 1–2 порядка)
Гидролитическая к-ть	Без изменений	Резкое увеличение (в 3–4 раза)
Степень насыщенности	Без изменений	Резкое уменьшение (в 3–4 раза)
Содержание ила	Заметное увеличение	Существенное уменьшение
Внешняя удельная поверхность	Заметное увеличение	Уменьшение
Конкрецеобразование	Не выражено	Заметное или интенсивное
Цвет горизонта	Сизый, голубоватый, синий, синеватый	Белесый, ярко-белый, сероватый, светло-палевый

Таблица 4 интегрирует степень трансформации кислых пород под влиянием глееобразования в условиях застойного и застойно-промывного водного режима. Очевидны существенные изменения последствий глееобразования в условиях этих двух разных форм водного режима.

Выводы

1. В гумидных ландшафтах лесной, лесостепной, степной, субтропической и тропической зон Земли широко распространены автоморфные и гидроморфные почвы со светлыми кислыми элювиальными (т.е. подзолистыми) горизонтами. К ним относятся подзолы, подзолистые, дерново-подзолистые, буро-подзолистые и лессивированные почвы, подбелы и отбелы, солоды, фальерде, ферролизные почвы, светлые псевдоглеи, «рисовые» подзолы, черноземовидные подзолистые и другие почвы.

2. Полагают, что подзолистые почвы и светлые кислые элювиальные горизонты возникают в их профилях под влиянием трех почвообразовательных процессов: лессиважа, кислотного гидролиза и глееобразования. Это суждение получило широкое распространение в специальной литературе.

3. Показано, что лессиваж не может быть причиной образования светлых кислых элювиальных горизонтов в суглинистых и глинистых автоморфных и гидроморфных почвах, поскольку подзолистые горизонты часто формируются при отсутствии каких-либо признаков лессиважа. Лессиваж следует рассматривать как факультативное явление, а не как обязательный почвообразовательный процесс, детерминирующий образование подзолистых горизонтов.

4. В лесной и лесостепной зонах кислотный гидролиз проявляется не в одной, как полагают в настоящее время, а в трех контрастных, существенно отличных по своему последствию формах. Эти формы гидролиза имеют следующие характеристики. Во-первых, кислотный гидролиз в аэробной среде в условиях промывного водного режима. Под его влиянием формируются бурые недифференцированные кислые почвы, не несущие признаков оглеения. Во-вторых, кислотный гидролиз в условиях постоянного затопления и анаэробно-аэробной среды на фоне застойного водного режима. В таких условиях могут формироваться только сильнооглеенные недифференцированные почвы, в профиле которых отсутствуют признаки оподзоливания. В результате возникают недифференцированные сильнооглеенные почвы — дерново-глеевые, торфянисто-глеевые, торфяно-глеевые и иные почвы, в профиле которых отсутствуют светлые кислые элювиальные горизонты. Эта вторая форма гидролиза соответствует глееобразованию в условиях постоянного анаэробно-аэробного водного режима. В-третьих, кислотный гидролиз возможен в анаэробно-аэробной пульсирующей среде в условиях застойно-промывного водного режима. Очевидно, третья форма кислотного гидролиза есть не что иное, как глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима. В последнем случае актуальны для понимания существа процесса два следующих обстоятельства.

4.1. Только в условиях застойно-промывного режима возможен активный вынос практически всех металлов: марганца, железа, алюминия, кальция, магния, калия и других элементов. Только в этом случае происходит относительное накопление кремнезема, падение рН на 1,5-2,0 единицы.

4.2. Только при глееобразовании в условиях застойно-промывного водного режима возможно образование светлых кислых элювиальных (т.е. подзолистых) гори-

зонтов. В условиях модельного эксперимента только в варианте опыта «глееобразование в условиях застойно-промывного режима» было установлено образование светлого кислого элювиального горизонта, тождественного по свойствам твердой фазы горизонтам естественных подзолисто-глеевых почв.

5. Наличие фульватного гумуса, кислой реакции растворов, подстилки, почв и пород, формирование почв под пологом хвойного леса в условиях промывного водного режима, т.е., казалось бы, при наличии всех факторов, необходимых для подзолообразования, тем не менее формируются только бурые почвы, в профиле которых отсутствуют признаки оподзоливания и дифференциации. Почему? Во-первых, потому, что действие естественного фульватного гумуса недостаточно для растворения оксидов железа, освобождения минеральных зерен от железистых кутан и проявления собственного цвета минералов. Однако наиболее существенная причина обусловлена отсутствием агрессивного воздействия глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима. В этой связи необходимо подчеркнуть, что глееобразование ранее всегда рассматривалось как процесс, происходящий в застойном режиме. Однако в природных условиях глееобразование действует в двух формах (застойной и застойно-промывной), дающих различные результаты. Только одна форма глееобразования (в условиях застойно-промывного водного режима) может вызвать появление в профиле почв светлых кислых элювиальных (т.е. подзолистых) горизонтов. Все это позволило признать, что глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима является наиболее агрессивным почвообразовательным процессом в гумидных ландшафтах. Именно только она определяет образование светлых кислых элювиальных горизонтов и дифференциацию почвенного профиля по цвету, гранулометрическому и химическому составам.

6. Механизм образования светлых кислых элювиальных горизонтов универсален для всех почв независимо от их генезиса и гранулометрического состава. В частности, подзолистые горизонты в песчаных и суглинисто-глинистых почвах возникают под влиянием одного и того же почвообразовательного процесса — глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима (или кислотного гидролиза в анаэробной среде в условиях застойно-промывного водного режима).

7. Предложена и экспериментально обоснована новая теория образования подзолистых горизонтов и подзолистых почв. Высказано положение о том, что светлые кислые элювиальные горизонты в профиле почв формируются под влиянием глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима. Именно в таких условиях возникает наиболее благоприятная обстановка не только для перехода в почвенный раствор марганца, железа, алюминия, кальция, магния и других металлов, но и их активного выноса за пределы профиля почв. В конечном итоге эти формы гидрологического режима и анаэробноза оказываются определяющими факторами возникновения светлых кислых элювиальных горизонтов.

8. Поскольку глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима является причиной выноса практически всех металлов, резкого снижения pH и степени насыщенности основаниями, потери структуры и других неблагоприятных явлений, такая форма кислотного гидролиза (или глееобразования в условиях застойно-промывного режима) теоретически должна сопровождаться глубокой деградацией почв. Она проявляется прежде всего в снижении или полной утрате их плодородия. Практика подтверждает такой прогноз многочисленными опасными примерами.

Библиографический список

1. *Вильямс В.Р.* Почвоведение. Собр. соч. М.: Сельхозгиз, 1949. Т. 1. 447 с.
2. *Гедройц К.К., Добровольский М.* Природа и происхождение подзола по данным современного почвоведения // Журнал опытной агрономии. 1900. Кн. 5. С. 458—494.
3. *Георгиевский А.* К вопросу о подзоле // Материалы по изучению русских почв. 1888. Вып. IV.
4. *Глинка К.Д.* Почвоведение. М.; JL: Сельхозгиз, 1932. 506 с.
5. *Докучаев В.В.* Способы образования речных долин Европейской России (1873) // Соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 1.
6. *Зайдельман Ф.Р.* Подзоло- и глееобразование. М.: Наука, 1974. 204 с.
7. *Зайдельман Ф.Р.* Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 300 с.
8. *Зайдельман Ф.Р.* Естественное и антропогенное переувлажнение почв. Спб.: Гидрометеоиздат, 1972. 288 с.
9. *Зайдельман Ф.Р.* Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты. М.: Красанд, 2010. 240 с.
10. *Зайдельман Ф.Р., Нарокова Р.П.* Глееобразование при застойном и промывном режиме в условиях лабораторного моделирования // Почвоведение. 1978. № 3. С. 37—45.
11. *Зайдельман Ф.Р., Соколова Т.А., Нарокова Р.П.* Изменение содержания, химического и минералогического состава илистой фракции трех почвообразующих пород под влиянием оглеения в условиях модельного опыта // Вестн. Моск. ун-та. Серия 17. Почвоведение. 1978. № 1. С. 46-53.
12. *Кауричев П.С., Ноздрунова Е.М.* Общие черты генезиса почв временного избыточного увлажнения // Новое в теории оподзоливания и осолодения почв. М.: Изд-во АН СССР, 1964. С. 45-61.
13. *Коссович П.С.* Краткий курс общего почвоведения. 2-е издание. Спб, 1911. 276 с.
14. *Пономарева В.В.* Теория подзолообразовательного процесса. М.; П.: Изд-во АН СССР, 1965. 380 с.
15. *Роде А.А.* К вопросу об оподзоливании и лессиваже // Почвоведение. 1964. № 7. С. 9-23.
16. *Розанов Б.Г.* Генетическая морфология почв. М.: Изд-во МГУ, 1975. 284 с.
17. *Сибирцев Н.М.* Почвоведение. Спб., 1900—1901. 554 с.
18. *Тюрин В.И.* Предисловие к монографии С.П. Яркова «Почвы лесолуговой зоны СССР». М.: Изд-во АН СССР, 1961. 318 с.
19. *Яркое С.П.* Почвы лесолуговой зоны СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 318 с.
20. *Duchafour Ph.* Lessivageetpodsolisation//Rev. forestierefranc. 1951. № 10. P. 632—674.
21. *DudalR.* Etude morphologiqueetgenetiqued'unesequence de sols surlimonloessique // Extrait de Agrichulture. 1953. Octorbre.
22. *Zaidelman F.R.* A concept of gleyzation and its role in pedogenesis // Archives of Agronomy and Soil Science. 1994. Vol. 38. № 5. P. 323—326.

MECHANISM OF GLEY FORMATION PROCESS AND ITS ROLE IN THE FORMATION OF PALE ACIDIC ELUVIAL HORIZONS

F. R. ZAIDELMAN

(Lomonosov Moscow State University)

It was shown that the only one cause of formation soils with pale acidic eluvial horizons in the upper part of the profile is the process of gley formation when it occurs under the conditions of aquic water regime on acidic, neutral or leached mother rocks with any grain-size composition that does not contain sulfates. The role of lessivage and different forms of acid hydrolysis n the

development of pale acidic eluvial horizons is considered in this paper. It was found that leaching plays an elective role in the formation of these horizons and gley formation under conditions of stagnantly-leaching regime is nothing else than one of the most aggressive forms of acid hydrolysis developing in anaerobic environment.

In aerobic environment under conditions of leaching water regime the effects of fulvic humus on sour mineral substrate are not enough to form a light acidic eluvial (podzol) horizons. Under such conditions only brown soils with undifferentiated profile can form. Mechanism of formation of podzolic horizons on sands and loamy-clayey sediments is identical. The system of measures for the protection of soils from degradation as a result of gley formation appearing in stagnant-flushing water regime was proposed.

Key words: anaerobiosis, gley formation, podzolization, water logging, water regime, flushing water regime, stagnant water regime, stagnant-flushing water regime, podzolic horizon, concretions.

Зайдельман Феликс Рувимович — д. с.-х. н., проф. кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12; тел.: (495) 939-36-84; e-mail: frz10@yandex.ru).

Zaidelman Felix Ruvimovich — Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department of soil physics and reclamation. Faculty of soil science, Lomonosov Moscow State University (119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, bid. 12; tel.: (495) 939-36-84; e-mail: frzlO@yandex.ru).