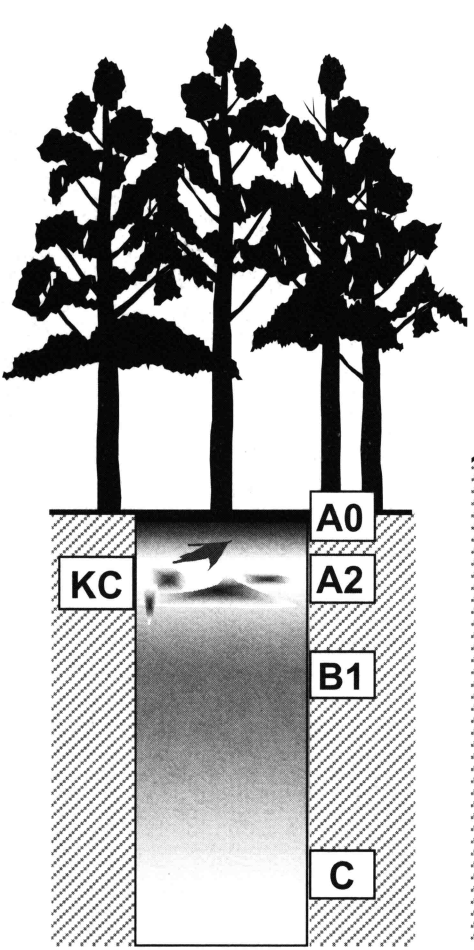
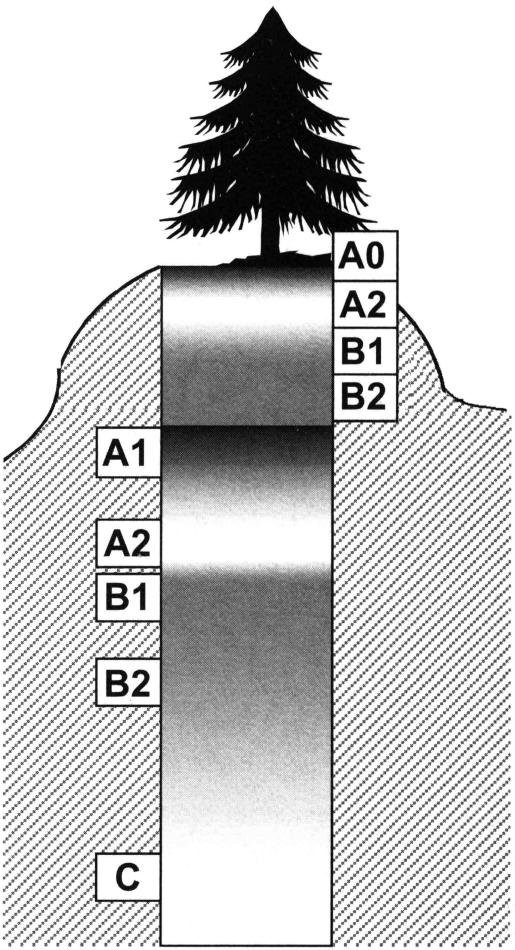
Г.И. МАХОНИНА
И.Н. КОРКИНА

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ





РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ

Г.И. МАХОНИНА, И.Н. КОРКИНА

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Издательство «Академкнига»
Екатеринбург, 2002

УДК 631.445.2:504.53.05

Махонина Г.И., Коркина И.Н. Формирование подзолистых почв на археологических памятниках в Западной Сибири. Екатеринбург: Издательство «Академкнига», 2002. 264 с.

ISBN 5-93472-082-1

Книга посвящена изучению развития почв во времени. Исследованы подзолистые почвы, сформировавшиеся на легких породах разновременных археологических памятников средней тайги Западной Сибири (400–6000 лет). Прослежена динамика формирования морфологических признаков, физических и химических свойств почв. На основе использования коэффициента дифференциации их профиля по основным показателям даны оценки времени восстановления указанных свойств подзолистых почв и характера изменения скорости восстановления. Полученные материалы о скорости формирования почвенных профилей могут использоваться для построения прогнозов состояния почв в антропогенных условиях.

Работа имеет важное научное и практическое значение, представляет интерес для почвоведов, экологов, археологов, аспирантов и студентов, специализирующихся в области почвоведения и экологии.

Табл. 45, рис. 19. Библиограф. 163 назв.

Ответственный редактор
к.б.н. **В.С. Дедков**

Рецензенты:
чл.-корр. РАН **Н.Г. Смирнов**
д.б.н. **В.С. Безель**

ISBN 5-93472-082-1

© Махонина Г.И., Коркина И.Н., 2002 г.
© ИЭРиЖ УрО РАН, 2002 г.

ВВЕДЕНИЕ

Проведенный в последние годы детальный анализ и проработка проблемы экологических функций почв (Никитин, 1977, 1979, 1990; Добровольский, Никитин, 1990, 2000; Никитин, Гирусов, 1993) вскрыли их весьма высокое разнообразие и тесную сопряженность. Продемонстрировано, что почва является центральным звеном глобальной биосферной системы, планетарным узлом экологических связей, объединяющим в единое целое другие структурно-функциональные составляющие этой системы: геосферу, атмосферу, биомир планеты, земную кору. Помимо глобальных (планетарных) функций раскрыты и биогеоценотические функции почв как необходимые условия существования и эволюции организмов.

К настоящему времени человеческое общество стало активным фактором изменения и разрушения естественных экосистем, что сопровождается нарушением почвенного покрова. При этом вполне очевидно, что деградация почв ведет к трансформациям или потерям их экологических функций и снижению биоразнообразия. В последние десятилетия происходят не только значительные ускорение и усиление природных процессов, но и возникают и широко распространяются быстротекущие чисто антропогенные формы деградации и полного разрушения почвенного покрова и его плодородия. Процессы деградации и гибели почв насчитывают десятки и сотни различных локальных и зональных форм проявления (Ковда, 1978, 1990). Сейчас в мире имеется 4,5 млрд. га непродуктивных земель, из которых около 2 млрд. га составляет так называемый антропогенный бедленд (включая земли, занятые под дороги, постройки и пр). По приближенным расчетам (Розанов и др., 1989) современные потери продуктивных земель (6 млн. га/год) в 30 раз превышают среднеисторические (0,2 млн. га/год) и примерно в 2,5 раза больше, чем средние за последнее 300-летие (2,3 млн. га/год).

На фоне возрастающего процесса деградации и гибели почв особую важность и актуальность приобретает проблема восстановления почв. С одной стороны, почвы являются наиболее устойчивым компонентом наземных экосистем, что выражается в

высокой способности сопротивляться и в медленном изменении под воздействием внешних факторов, т.е. в высокой буферной способности (Мотузова, 1988; Добровольский, 1988). В то же время, по сравнению с другими компонентами экосистем почвы наиболее медленно восстанавливают (регенерируют) структуру и функции после их нарушения. Следует помнить, что почва — продукт длительной и сложной истории данной местности, многовекового взаимодействия факторов почвообразования. Соответственно, в природных процессах современные почвы в большинстве случаев являются устойчивым компонентом биосферы, находящимся в состоянии гомеостаза или равновесия со средой либо медленной гармоничной и «успевающей» эволюции вслед за природной эволюцией среды (Добровольский, 1985). Антропогенные воздействия вызывают нарушения равновесия «почва—факторы», и для восстановления прежнего или нового равновесного состояния требуются столь же длительные промежутки времени, какие были необходимы для развития современных природных почв.

Почва представляет собой такую систему, все части (подсистемы) и свойства которой образуются и воспроизводятся с разными скоростями. Диапазон времен воспроизводства для почв и отдельных свойств охватывает весьма широкий интервал — от $n \cdot 10^1$ до $n \cdot 10^6$ лет (Арманд, Таргульян, 1974; Таргульян, Соколов, 1978; Добровольский, 1985). В случае больших времен в ситуации после полного разрушения почв их восстановление в принципе возможно, но осуществляется в геологическом масштабе времени (тысячи лет и более для полного восстановления). Поэтому считается, что в исторические сроки произошедшие изменения необратимы. В этом плане почвы являются практически невозобновимыми природными ресурсами, что еще раз подчеркивает необходимость их сохранения и актуальность проблемы их восстановления.

Многими исследователями отмечается, что довольно хорошо разработанные теоретические построения и осмысление проблемы развития почв сопровождаются скудностью фактических данных о времени формирования конкретных почвенных признаков в разных типах почв. Их накопление представляет важную задачу. В целом процессы развития почв в историческое время изучены явно недостаточно.

Одна из причин слабой изученности данного вопроса заключается в трудности нахождения подходящих объектов исследования. Из-за длительности процессов развития почв невозможно проследить формирование конкретного почвенного тела от «нульмомента» до зрелого состояния в условиях лабораторного или полевого эксперимента. Но процессы развития почв являются эргодичными, т.е. их стадии во времени могут иметь аналоги в пространстве (Роде, 1971; Геннадиев, 1978, 1984, 1986, 1990). При таком подходе возможно изучение хронорядов почв, сформировавшихся на поверхности датированных земляных насыпей. Почвы разных возрастов представляют собой отдельные стадии развития во времени. В этом плане достаточно эффективным является использование почв разновозрастных археологических памятников.

Не вызывает сомнения, что уже в древние исторические эпохи природные комплексы и их отдельные компоненты подвергались коренным изменениям (перестройкам), и антропогенный фактор давно стал ведущим в формировании и преобразовании существующих природных ландшафтов. По этой причине археологические памятники правомерно относятся к антропогенным ландшафтам (Мильков, 1973; Ахтырцева, 1977). Деятельность древнего человека в ряде случаев сопровождалась полным разрушением почв. После ухода населения разрушенные территории в своем дальнейшем развитии попадают под воздействие природных факторов, и мы можем наблюдать на них процессы естественного восстановления экосистем, включая и почвы.

Круг вопросов, решаемых при исследовании почв археологических памятников, достаточно широк и включает как вопросы почвоведения, палеогеографии, так и археологии (Иванов, 1978; Дергачева, 1997). В данной работе почвы археологических памятников использованы для изучения генезиса почв. Наше внимание было сосредоточено на рассмотрении хронорядов дневных почв, сформированных на разного рода насыпях на территориях археологических памятников.

Основная цель нашей работы заключалась в оценке скорости восстановления антропогенно нарушенных экосистем на раз-

новозрастных археологических памятниках среднетаежной подзоны Западной Сибири по состоянию растительных сообществ и основным почвенным показателям. Для ее выполнения были сформулированы следующие задачи:

- дать геоботаническую характеристику изучаемых разновозрастных участков археологических памятников в сравнении с фоновыми;

- получить морфологические и физико-химические характеристики сформировавшихся почв разного возраста (от 400 до 5000 лет), составляющих хроноряды дневных почв;

- провести сравнение фоновых и разновозрастных почв, сформировавшихся на различного рода искусственных насыпях: оборонительных валах, обваловках жилищ, насыпей в пределах могильников, и выявить признаки сходства или различия их между собой;

- определить время, необходимое для достижения по основным почвенным параметрам состояния зрелых почв — характерных времен конкретных признаков и свойств;

- рассмотреть изменение культурных слоев во времени под влиянием зональных условий почвообразования;

Полученные данные должны найти применение при построении прогностических моделей состояния почв и почвенного покрова в антропогенных условиях. Возраст почв на качественном уровне можно оценить на основе степени развития (зрелости) почвенного профиля, а при наличии данных по абсолютному датированию стадий — на (полу)количественном уровне (Александровский, Иванов, 1990). Ограничение метода в настоящее время заключается в неизученности закона изменения скорости процесса развития.

Для изучения особенностей развития почв во времени необходимо рассматривать широкий спектр почвенных свойств в условиях разнообразного рельефа, типа почвообразующих пород и растительности, сопоставлять полученные результаты в широком географическом аспекте. Для соблюдения таких высоких требований нельзя ограничиться каким-либо одним объектом изучения, нужен анализ многочисленных работ, выполненных при различных сочетаниях факторов почвообразования. Надеемся, что настоящая работа послужит вкладом в подобные исследования.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПОЧВ

Все природные объекты развиваются во времени. В отношении почв данное положение впервые было научно сформулировано В.В. Докучаевым. Фундаментальными принципами созданного им учения служат следующие положения: 1) почва — естественно-историческое природное тело; 2) почва как природное тело является результатом взаимодействия различных явлений живой и мертвой природы — факторов почвообразования.

В этих положениях был заложен генетический подход к изучению почв. Генетическая концепция — это по сути дела стремление воссоздать временную последовательность состояний почвы от момента зарождения до момента наблюдения. Отсюда неизбежно вытекает необходимость рассмотрения одного из докучаевских факторов — возраста почв (времени почвообразования).

Вопрос о роли времени в ряду других факторов обсуждался неоднократно. В.В. Докучаев, как известно, считал все пять названных им факторов равнозначно участвующими в образовании почв: относительная роль отдельных факторов может существенно меняться, но все они действуют постоянно и обязательно. Исключение любого из них приводит к исчезновению почвы как самостоятельного естественно-исторического тела, а изменение любого из них означает возможность изменения почвы. Г. Иенни (1948) рассматривает пять почвообразователей как «независимые переменные, определяющие почвенную систему» и выражает это следующей формулой: $S = f\ (cl,\ o,\ r,\ p,\ t...)$, где S — свойства, cl — климат, o — организмы, r — рельеф, p — материнские породы, t — время. Данное уравнение можно решать для любого фактора, считая остальные факторы постоянными. Тогда для функции «почва-время» получаем уравнение: $S=f(время)_{cl,\ o,\ r,\ p...}$.

Время не всегда признавалось в качестве почвообразующего фактора, но и в этих случаях не отрицалась важность рассмотрения временных изменений почв. А.А. Роде (1947, 1984), определяя почвообразовательный процесс как звено более ши-

рокого процесса — круговорота вещества и энергии, протекающего в биосфере, к факторам почвообразования относил природные тела, с которыми почва взаимно связана обменом вещества и энергии. Такими телами (или факторами) являются: материнская горная порода, атмосфера, Солнце и живое вещество (организмы). Кроме факторов следует различать еще и условия почвообразования, каковыми являются земное тяготение (источник только энергии) и рельефа (перераспределяет вещество и энергию на земной поверхности). «Ни в числе факторов, ни в числе условий почвообразования мы нигде не упомянули о возрасте почвы, т.е. о «факторе времени», ибо время наряду с пространством является одной из форм существования любой материи» и не является источником вещества и энергии. Время, по А.А. Роде, представляет собой некоторый множитель, на который должно быть умножено действие других факторов, некоторую особую координату, вдоль которой идет развитие всех процессов и явлений.

Подобные высказывания не единственны. Например, И.П. Герасимов и М.А. Глазовская (1960, с.165) писали: «Краткий тезис о том, что почва образуется путем воздействия живых организмов на горную породу, протекающего в различных условиях климата и рельефа земной поверхности, достаточно точно обобщает, таким образом, современные представления о роли четырех главных факторов почвообразования. Пятый докучаевский фактор почвообразования не может быть включен в эту формулу на правах ее остальных четырех членов. Время, возраст — это коренное свойство любого природного явления, вне которого оно (явление) существовать не может. Время — это непрерывное развитие, постоянное изменение в свойствах почв, без которого они, как и все другие тела природы, немыслимы».

По представлениям Б.Б. Полынова (1916) почвообразовательный процесс слагается из явлений биологического цикла и других явлений, совершающихся в одностороннем направлении. К их числу относятся превращения первичных минералов, запас которых в почве не пополняется. Эти превращения находятся в

функциональной зависимости от времени и представляют собой движущую внутреннюю силу процесса, вносят «...в почвообразование прогрессивный элемент, который сообщает почвенному круговороту поступательное движение». Таким образом, почвообразовательный процесс «...может существенно изменить свой характер под влиянием только одного времени». Иными словами, Б.Б. Полынов определял время как причину изменения почвообразовательного процесса. На самом же деле, как указывал А.А. Роде и признается большинством исследователей, причиной являются некоторые явления и процессы, их направленность и длительность, получившие название «саморазвитие» почв.

Признание большой роли возраста почв и всеобщности процессов развития порой вызывало стремление объединить все многообразие наблюдаемых типов почв в одну единую систему, в которой все компоненты генетически связаны между собой. Так, В.Р. Вильямс создал учение о едином почвообразовательном процессе, при котором четыре типа почвообразовательного процесса должны «...связываться в одну непрерывную замкнутую цепь эволюции свойств и признаков поверхностных горизонтов суши земного шара...» (Вильямс, 1950, с.115). Аналогичные стремления читаются и в выделенных В.А. Ковдой (1967) девяти стадиях единого эволюционного развития почв — от гидроаккумулятивной, далее гидроморфной стадии к автоморфной и затем палеоавтоморфной и горной стадиям. Ценным в подобных построениях остается идея о смене одного типа почв другим и желание авторов акцентировать внимание на этой идее.

Большое внимание уделялось рассмотрению характера и видов изменений почв во времени. С.А. Захаров (1931), рассмотрев периодические и непериодические изменения почв во времени, выделил следующие случаи непериодических изменений в жизни почв: 1) развитие — формирование почвы до приобретения ею типичного строения (онтогения почвы); 2) эволюция почв, т.е. изменение сформировавшейся почвы во времени без изменения сочетания и характера почвообразователей; 3) метаморфоз почвы — изменение почв в связи с изменением почвообразователей.

Многие почвоведы склонны различать понятия развития и эволюции почв. Так, Г.В. Добровольский и И.С. Урусевская (1984) предложили следующие определения данных понятий, согласующиеся с представлениями С.А. Захарова:

развитие почв — постепенное образование из породы полностью сформированной (зрелой) почвы, достигшей динамического равновесия с данным комплексом факторов почвообразования;

эволюция почв — изменение уже сформированных почв в новые типы или подтипы, связанные с эволюцией всей природной среды.

Оригинальны взгляды И.П. Герасимова (1968). Под эволюцией он понимает возникновение новых форм почвообразования на Земле, происходившее в течение многих геологических периодов, расширение состава типов почвообразования, генетических типов почв (филогения почвообразования). Значит, термин «эволюция» не применим к конкретному почвенному телу, в то время как смены в развитии и направлении почвообразовательного процесса при изменении условий И.П. Герасимов называет почвенным метаморфизмом.

В литературе термин «развитие почв» часто понимается более широко: развитие — это любое направленное изменение почв во времени, а термины «эволюция» и «развитие» используются как синонимы (Соколов и др., 1986; Соколов, 1993). При этом различают следующие виды развития: 1) аутоэволюция (синоним — саморазвитие) — развитие почв при стационарном состоянии независимых от почв факторов (климат, породы, рельеф); 2) аллоэволюция (синоним — подчиненное развитие) — развитие почв, обусловленное изменением состояния независимых факторов. В соответствии с этими представлениями термины С.А. Захарова и И.П. Герасимова «метаморфоз» и «метаморфизм», не получившие широкого применения, являются синонимами аллоэволюции.

Впервые определенно о «саморазвитии почв» высказался П.С. Коссович. Под саморазвитием он понимал совокупность изменений под влиянием внутренних почвенных процессов при неизменных условиях почвообразования. Но область применения этого термина существенно различается. Так, например, И.П.

Герасимов и М.А. Глазовская (1960) считают, что необходимо отказаться от ошибочной идеи развития почв, не связанного с изменением факторов почвообразования, так как будет опровергнута докучаевская формула, что почва — это функция совокупной взаимной деятельности агентов почвообразователей. «Но особо следует выделить явление образования и развития молодых, незрелых почв, возникающих на наших глазах вследствие естественного или искусственного выхода на поверхность субстратов, ранее не подвергавшихся воздействию процессов выветривания и почвообразования. На такой «свежей» поверхности горных пород довольно быстро начнет формироваться молодая почва, которая, пройдя через определенные фазы «онтогенетического» развития, через некоторый период времени достигнет зрелости и войдет в «строй» типичных почв для данного региона» (Герасимов, Глазовская, 1960, с.165). Именно периодом «онтогенетического» развития ограничивается процесс саморазвития. Другие авторы явление саморазвития распространяют на гораздо более широкий круг процессов и явлений. Так, А.А. Роде (1947) посвятил специальную монографию, в которой обосновывает возможность эволюции почв при неизменных условиях их образования. При этом под эволюцией почв понимается такое прогрессивное изменение, при котором появляется необходимость классификационного наименования, т.е. смена типа почвообразования. А.А. Роде дает обстоятельный исторический обзор развития взглядов об эволюции почв, подчеркивая, что среди всех описанных случаев эволюция почв может совершаться как в результате изменения «внешних» по отношению к почве условий (факторов почвообразования), так без изменения «внешних» условий. Он приводит примеры изменения состава и свойств почв, являющиеся следствием нормального процесса почвообразования без изменения внешних условий: постепенное развитие подзолообразовательного процесса на бескарбонатной породе, оподзоливание буроземов и почв перегнойно-карбонатных, заболачивание почв как следствие образования водонепроницаемого иллювиального горизонта.

Из всех этих рассуждений логически вытекает вопрос: возможно ли достижение почвой зрелого состояния, когда почва при данных внешних условиях достигает конечной стадии развития и превращается в подвижно-равновесную систему, или же всем почвам, независимо от изменения внешних условий и независимо от того, на какой стадии развития они находятся, присущи непрерывные прогрессивные изменения, непрерывное саморазвитие.

Существование состояния подвижного равновесия возможно при условии обратимости всех (суточных, сезонных, многолетних) явлений превращения и перемещения вещества и энергии. Но в большинстве случаев эти явления совершаются не по замкнутому кругу, а хотя бы с небольшими отклонениями от исходного состояния. Эти малые изменения, складываясь и накапливаясь, приводят к неизбежному поступательному развитию почвы. Необратимость превращения первичных минералов, вынос веществ в грунтовые воды также обуславливают прогрессивность, необратимость процесса почвообразования. Таким образом, почва постоянно развивается и эволюционирует.

Существует и противоположное мнение. Вслед за созданным Ф. Клементсом учением о климаксе в отношении растительных сообществ Ф.Дюшофур обосновал существование в природе климаксной (заключительной) стадии развития почв, так как сукцессии растительности и изменение почв и других компонентов биогеоценозов неразрывно связаны между собой. Геоботаники поразному трактуют данное учение. Считается, что взаимовлияние различных компонентов БГЦ никогда не прекращается и всегда присутствуют процессы заноса зачатков организмов и их вселение, привнос и вынос веществ из БГЦ, именно поэтому биогеоценотический процесс никогда не останавливается. «...Если и пользоваться термином «климакс», то только в смысле приобретения растительностью или биогеоценозом в целом относительно большой замедленности в развитии, памятуя, что даже в том случае, когда отсутствуют все другие внешние агенты, ... биогеоценоз может казаться нам существующим неизменно очень долгое время, но в действительности в нем непрерывно идут процессы, под-

готавливающие его к смене (сукцессии) другими» («Основы лесной...», 1964, с.467). Подобно непризнанию климаксной стадии в развитии биоценоза утверждается, что и почва постоянно эволюционирует и никогда не может стать ни зрелой, ни климаксной. Ф. Дюшофур (цит. по Зонн, Травлеев, 1989) вольно или невольно пытался оживить почвы, придать им свойства живых организмов: рождение → юность → зрелость → смерть, что неприемлемо в трактовке биокосных тел.

Понятие зрелой почвы все же постоянно используется, хотя определение строго и однозначно не сформулировано. Под словами «зрелый профиль» обычно понимают почвенный профиль, наиболее полно отразивший действие среды, факторов почвообразователей, в котором сформировалось наибольшее количество устойчивых свойств, отразивших эту среду (Таргульян, Александровский, 1976), или, по-другому, зрелые почвы достигли типичного строения зональных почв, полной дифференциации профиля. Напротив, почвы, не достигшие подобного строения, называют незрелыми, или молодыми.

В.О. Таргульян (1982) ввел понятие потенциала климата и биоты (ПКБ), который реализуется в зрелой почве, после чего почвенный профиль приходит в динамическое равновесие или в квазиравновесие со средой. При этом вследствие большой «инерционности» минерального вещества почвы «климаксная» почва всегда образуется позже, чем «климаксный» биоценоз.

В целом эволюция почв в голоцене дала две основные модели: 1) с нарастанием ПКБ в первую половину голоцена; 2) со снижением ПКБ во вторую половину голоцена, что связано с изменением климатических условий (Таргульян и др., 1984; Александровский и др., 1984).

По И.А. Соколову (1984, 1993) все существующие представления о саморазвитии почв сводятся к двум конкурирующим концепциям:

а) Концепция моноклимаксности — в процессе саморазвития почвы достигают климаксного зрелого состояния, приходят в равновесное или квазиравновесное состояние с факторами почво-

образования. Подразумевается, что одной комбинации факторов соответствует одна климаксная почва, которая в данных условиях может существовать неопределенно долго.

б) Концепция поликлимаксности — процесс саморазвития почв бесконечен и продолжается, не останавливаясь до тех пор, пока остается стационарным состояние независимых от почв факторов почвообразования. Сторонники данной концепции — П.С.Коссович, Б.Б. Полынов, К.К, Гедройц, В.А. Ковда, А.А.Роде. Процесс саморазвития можно представить в виде лестницы, на которой каждая ступень начинается со стадии быстрого развития (стадии становления) и заканчивается стадиями сравнительно медленного развития (стадии климакса, квазиравновесного со средой). Иными словами климакс — лишь временное замедление темпа саморазвития на каждой ступени. С этой точки зрения каждой комбинации независимых факторов должны соответствовать не один, а несколько типов климаксных почв. Из принципа поликлимаксности вытекает и принцип полигенетичности почв. Признается, что большинство почв в природе полигенетично (Ковда, 1973; Соколов,1984), т.е. прошедшие несколько (более одного) этапов саморазвития или подчиненного развития (аллоэволюции). Моногенетичными называют почвы первого этапа саморазвития.

Даже если придерживаться концепции поликлимаксности, применим термин «зрелая почва», так как состояние зрелой почвы подразумевает не остановку развития, а наиболее устойчивую стадию жизни почвы. При этом многие из обратимых процессов полностью или почти полностью балансируются, необратимые процессы или заканчиваются, или сильно снижают интенсивность, и, таким образом, существенных изменений в профиле или не происходит или они происходят с малой скоростью (интенсивностью) (Таргульян, Александровский, 1976).

Возникает вопрос о времени, необходимом, для приобретения молодой почвой черт нормально развитой почвы. Хорошо известны проведенные В.В.Докучаевым исследования почв, сформировавшихся на известковых плитах Старо-Ладожской крепости за 760 лет. К данному возрасту почвы на плитах соответствовали

окружающим почвам на известковых образованиях. К настоящему времени проведены многочисленные исследования в этом направлении. Необходимо отметить, что скорость процесса почвообразования различна на плотных массивных породах и на рыхлых отложениях. В первом случае порода еще не изменена процессом выветривания и характеризуется воздухо- и водонепроницаемостью. В первичном почвообразовании на скалах (Полынов, 1945; Глазовская, 1958) главную роль играют микроорганизмы и лишайники, которые способствуют разрушению исходных пород, позднее поселяются мхи, появляются куртинки травянистой растительности и отдельные кустарники и деревья. На участках, покрытых растительностью, поселяется обильная фауна беспозвоночных, и формируются первичные, или пленочные, почвы, мощность которых измеряется сантиметрами. Состоят они практически из одного пронизанного корнями гумусового горизонта А, лежащего на плотной, но с поверхности несколько измененной породе (Глазовская, 1981). В целом процесс почвообразования на скалах протекает очень медленно.

На рыхлых наносах почвообразование идет значительно быстрее. Начальные стадии образования почв на рыхлых отложениях изучены на речном аллювии в поймах и дельтах рек, на свежих пролювиальных конусах выноса, молодых моренах и осыпях (Геннадиев, 1978), на обнажающихся из-под воды морских отложениях (Leland H. Gile, 1967; Singleton, Lavkulich, 1987), на свежих вулканических пеплах, на искусственных выемках и насыпях.

Некоторые примеры о времени, необходимом для образования зрелых почв приведены в ряде работ (Иенни, 1948; Глазовская, 1981). Оказалось, что образование гумусового горизонта идет уже в первые 10-летия. Через 100—200 лет он достигает обычной для данной биоклиматической обстановки мощности. В почвах элювиально-иллювиального профиля довольно быстро (в первое столетие) обособляется и горизонт А2. В Новгородской области на земляных песчаных укреплениях, отвалах окопов времен Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. под сосняками-зеленомошниками можно наблюдать четко дифференцированный про-

филь маломощного подзола с горизонтами А0 мощностью 2–3 см, А2 — 1–1.5 см, B_{Fe} — 4–5 см. Таким образом, за 30–35 лет здесь сформировался почвенный профиль мощностью около 10 см (цит. по Глазовской, 1981). По оценке О. Тамма, для развития подзола с горизонтом грубого гумуса мощностью 10 см, А2 — 10 см и В1 — 25 см требуется 1000–1500 лет (цит. по Иенни, 1948). Почвы возрастом 3–7 тысяч лет не имеют более мощных горизонтов. Но по В.Т. Аальтонену и С. Маттсону, интенсивное развитие подзола происходит в течение более длительного времени. Через 5 тыс. лет после возникновения подзола дифференциация его профиля все еще идет быстрыми темпами (Иенни, 1948). По другим данным (Stevens, Walker, цит. по Александровский, 1979) содержание $C_{орг}$ в подзолах устанавливается через 200–400 лет, мощность профиля стабилизируется через 1–2 тыс.лет, а накопление железа и алюминия продолжается и дольше. Исходя из одинакового строения подзолистых почв на террасах разного возраста (от 1 до 7 тыс. лет) р. Емьюгана и на водоразделах (15 тыс. лет) под лишайниковыми сосняками, А.Г. Сазонов (1986) делает вывод о том, что для образования зрелого профиля подзолистых почв на песках необходимо гораздо меньше времени (до 1 тыс. лет), чем на формирование хорошо выраженных геоморфологических террас (7–10 тыс. лет). При этом мощность горизонта А2 не превышает 25 см.

Особый случай представляет почвообразование на техногенных отложениях, которые характеризуются значительной сложностью поверхности техногенных ландшафтов, преобладанием в них склоновых поверхностей. Почвообразующие породы здесь сложены хаотически перемешанными продуктами покровных и глубинных пород, нередко содержат повышенные количества каких-либо элементов, в том числе и токсичных, малые количества биофильных элементов, имеют неблагоприятные водно-физические свойства. Отвалы горных разработок часто сложены щебнисто-каменистым материалом, в котором промежутки заполнены мелкоземистыми частицами. Именно в этих промежутках и проявляется процесс почвообразования. Несмотря на обилие местных

условий и пестроту почвенного покрова, для техногенных отложений характерна общая тенденция проявления зонального почвообразовательного процесса («Почвообразование...», 1979; «Гумусообразование...», 1986). Но даже в наиболее старых техногенных экосистемах (200-летние отвалы демидовских разработок) зрелые зональные почвы не сформированы (Махонина и др., 1985; Махонина, 1989).

В опытах В.Р. Вильямса с насыпными почвами за несколько 10-летий проявлялись отчетливые черты зонального почвообразования.

Таким образом, имеющиеся данные о времени формирования зрелых почв, позволяют сделать следующие выводы.

Почвообразовательный процесс на рыхлых субстратах происходит во многих случаях довольно быстро. Однако во многих случаях рассматривается небольшое число почвенных признаков и свойств, таких как мощность горизонтов, содержание гумуса. Поэтому эта быстрота относится в основном к образованию отдельных компонентов зонального профиля — формированию гумусовых горизонтов, обособлению зоны элювиирования и иллювиирования и других черт, но не к развитию зрелых почвенных горизонтов и профилей.

Изучаемые почвы формировались на разнокачественных субстратах, что является одной из причин расхождения результатов у разных авторов о скорости почвообразования. Так, почвообразование на речном или озерном аллювии изначально протекает на более плодородном субстрате.

Очевидное противоречие между активным и быстрым формированием отдельных компонентов профиля и довольно медленным развитием полноразвитых генетических типов.

Главная причина этого противоречия заключается в гетерохронности различных явлений, в результате которых формируются свойства почв. Почвообразование распадается на ряд процессов с разными характерными временами (ХВ) (Арманд, Таргульян, 1974; Соколов, Таргульян, 1976). Характерным временем свойства или процесса называют время достижения этим свойством квазирав-

новесного состояния с факторами среды. Температура и влажность почв изменяются в суточном, сезонном и многолетнем циклах, изменение реакции почвенной среды, мощности и других свойств органогенных горизонтов, запаса органических веществ в профиле происходит с ХВ 10^0—10^2лет. При образовании дифференцированного по морфологии и химизму почвенного профиля близкое к равновесию состояние наступает за 10^3—10^4 лет, при образовании зрелого минералогического профиля почвы — за 10^4—10^6 лет. Время достижения почвой квазиравновесного состояния соответствует ХВ самого медленного процесса.

На этапе среднескоростных элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) (n х•10^3—10^4 лет) вещество литоматрицы функционирующей почвенной системы уже существенно изменено, и твердофазное строение собственно педоматрицы играет существенную регулирующую роль во внутренних и внешних многофазных взаимодействиях. Этап педогенеза длительностью n•10^5—10^6 лет реализуется далеко не во всех почвах: для его осуществления требуется достаточно большой потенциал климата и биоты и достаточно большая длительность процессов. Такие условия на поверхности современной суши реализовались в тектонически стабильных регионах гумидно-тропических и субтропических областей (Таргульян, Соколова, 1996).

Свойства почв по их ХВ разделяются на следующие(Соколов 1984, 1993):

-динамичные свойства, которые имеют ХВ значительно меньшее, чем средняя продолжительность отдельных этапов саморазвития или подчиненного развития, и испытывают суточные, сезонные и многолетние колебания;

-устойчивые свойства, которые имеют ХВ, сопоставимые со средней продолжительностью отдельных этапов эволюции, и их изменение как бы «маркирует» эволюцию;

-консервативные свойства, у которых ХВ значительно больше, чем средняя продолжительность отдельных этапов эволюции, и они медленно и однонаправленно меняются, а при смене направления почвообразования сохраняются почти неизменными.

Таким образом, понятие ХВ характеризует почвенные свойства не только по темпам формирования, но также по устойчивости и скорости стирания, что нашло отражение в концепции И.А. Соколова и В.О.Таргульяна (1976) о «почве-памяти» и «почве-моменте». Совокупность устойчивых и консервативных свойств, несущих информацию о прошлом почвы, составляет «почву-память», а совокупность динамичных свойств, отражающая среднее состояние современных факторов и их циклическую динамику, обозначают термином «почва-момент» или «почва-жизнь» (последний термин предложен А.А.Роде). При переходе почвы на новый этап эволюции первую группу признаков («почва-память») принято рассматривать как реликтовые признаки, унаследованные от прошлых стадий.

При изучении развития и эволюции почв очень важным является знание возраста исследуемого объекта. Различают «абсолютный» и «относительный» возраст почв. Понимание этих терминов изменялось. Сейчас под абсолютным возрастом подразумевают время, прошедшее с момента возникновения данной почвы до сегодняшнего момента, длительность образования и существования почвы (дни, месяцы, годы, столетия и т.п.). Относительный возраст означает принадлежность почв к определенным ступеням развития (юность, молодость, зрелость) или же сравнительную оценку возраста почв по принципу старше—моложе.

Говоря о факторе времени, мы не останавливались на понятии «динамика». Часто под динамикой подразумевают циклические (обратимые) изменения, которые носят временный характер и обеспечивают возврат почвы к исходному состоянию. В этих случаях говорят о динамике водного, пищевого, газового и других режимов (Соколов и др.,1986). Другие исследователи (Добровольский, Никитин, 1990; Карпачевский, 1997) считают такую трактовку понятия явно зауженной, предлагая включать в него любые изменения свойств почв, которые могут быть как цикличными, так и необратимыми. Необратимые изменения лежат в основе эволюции почв, а обратимые определяют почвенные режимы.

В литературе отмечается, что в арсенале современных научных понятий генетического почвоведения раздел «почвообразо-

вание и время» является одним из наименее разработанных, хотя совершенствование понятийно-терминологического аппарата является важным условием развития любой отрасли знаний.

Важной, но пока еще очень трудной задачей считается проблема прогнозирования почвенных процессов и управления ими. Эту задачу осложняют усиливающиеся антропогенные воздействия, которые в начале были соразмерными по механизмам и масштабам с естественными трендами. В последние 100 лет, особенно в последние десятилетия, антропогенное влияние на эволюцию природы и почв настолько усилилось, что антропогенный этап педогенеза представляет собой особый объект исследования (Таргульян, и др., 1984). Необходимо предвидеть скорость и направление антропогенной эволюции почв и предотвращать ее неблагоприятные последствия, однако теоретическое осмысление и обобщение материалов по антропогенной эволюции явно отстают от разработки вопросов естественной эволюции. Обобщающие работы на эту тему отсутствуют (цит. по Козловский, 1991). Но число проводимых исследований и интерес к данной проблеме постоянно возрастает. Одним из возможных объектов исследования могут служить почвы древних антропогенных ландшафтов.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методологический подход при выборе объектов

Работая на археологических памятниках, мы изучали и описывали почвы, находящиеся в разной степени антропогенной измененности, на разных положениях антропогенного микрорельефа. Но выявление роли времени как одного из факторов почвообразования требует постоянства всех других факторов: «...задача модельных опытов обычно заключается в изолированном изучении того или иного почвенного процесса или явления с целью установления закономерностей, управляющих его ходом, в зависимости от какого-либо фактора или совокупности немногих факторов. Ограничение опыта изучением влияния одного или немногих факторов при постоянстве других условий и факторов — один из наиболее характерных приемов моделирования» (Роде, 1971, с.67). А.А.Роде моделями называл пространственные серии разновозрастных почв (датированных), которые отождествляются с последовательными этапами их развития во времени. Их изучение получило название метода хронорядов. При этом сопоставляемые между собой в хронологическом аспекте почвы должны характеризоваться сходством геоморфологических, литологических и климатических условий образования, сформироваться при закономерных сукцессионных сменах растительного покрова, либо изменения каких-либо из условий во времени должны учитываться при интерпретации получаемых данных (Александровский, 1979; Геннадиев, 1978, 1984, 1985, 1986, 1990).

По данным А.Н. Геннадиева (1986), всего в настоящее время в мировом почвоведении насчитывается несколько сотен работ, в которых используется метод хронорядов, в отечественном почвоведении подобных работ проведено несколько десятков. Объектами изучения служат почвы, формирующиеся либо на естественных (молодые морены, береговые дюны, речные террасы и т.п.),

либо на антропогенных (курганы, отвалы дорог, стены древних сооружений и пр.) субстратах.

В отношении применяемого метода хронорядов археологические памятники обладают как достоинствами, так и недостатками. Главная ценность подобных объектов — наличие насыпей (сделанных человеком), которые образовались быстро, можно сказать, одномоментно по отношению к общей продолжительности почвообразования. Кроме того, изучаемые памятники приурочены к породам легкого механического состава, которые при проведении различных земляных работ древним человеком легко перемешивались, в фоновых подзолистых почвах отсутствует гумусовый горизонт, мощность элювиального горизонта (на ровных участках земной поверхности составляет 5—7 см) и верхнего иллювиального горизонта B1 (4—10 см) относительно низка, т.е. общая мощность наиболее отличающихся от почвообразующей породы почвенных горизонтов не превышает 10—20 см. При таких условиях материал насыпей оказывается практически однородной новой почвообразующей породой, на которой вновь идет восстановление почвенного покрова. Именно поэтому искусственные насыпи в пределах лесной зоны являются подходящим объектом для изучения процессов почвообразования.

С другой стороны, археологические объекты характеризуются неоднородностью микрорельефа, почвы отличаются большой вариабельностью свойств на сравнительно небольшой площади, что связано с разной степенью их изменения древним человеком. Поэтому приходилось очень строго выбирать участки, подходящие для изучения развития почв.

Наибольшие отличия в составе почв наблюдаются в особых местах — очагах, в каких-либо ямах, внутри жилищ и т.п., в то время как оборонительные валы и даже обваловки, несмотря на близость расположения жилищ, являются относительно «чистыми», содержащими небольшое число включений-антропоморфов и слабо отличающимися по химическому составу от фоновых почв. Для достижения тождества рельефа сравнение свойств почв проводили на

близких по происхождению земляных сооружениях: отдельно составляли хроноряды для почв валов и обваловок жилищ.

Сходство материнских пород устанавливалось прямыми наблюдениями, а в дальнейшем было подтверждено результатами гранулометрического и валового состава. Обязательным условием было также сходство растительного покрова для сопоставляемых почв (глава 4).

Что касается климатических условий, то предположение об их стабильности является в некотором роде допущением. Мы говорим, что в течение рассматриваемого промежутка времени изменения климатических условий не были столь значительными, чтобы вызвать изменения общего направления почвообразования (глава 3.2). Кроме того, анализ морфологических описаний и химических свойств почвенных профилей погребенных почв (глава 5.2) различных исторических эпох (400—5000 лет назад) показал, что в течение последних 5000 лет зональными почвами указанной территории являлись подзолистые почвы, что также подтверждает непрерывность почвообразования по подзолистому типу, возможного при относительно стабильных условиях.

Датировка почв проведена археологическими методами.

2.2. Общая характеристика объектов

Объектами изучения были выбраны почвы, сформировавшиеся в пределах археологических памятников среднетаежной подзоны Западно-Сибирской низменности. В административном отношении памятники находятся на территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) Тюменской области.

Археологические памятники Ендырской группы расположены на террасах левого коренного берега среднего течения р. Ендырь, являющейся левым притоком р. Оби, на расстоянии 69—71 км к ЮЮВ от города Нягань Октябрьского района Тюменской области (Кокшаров, 1994).

Комплекс памятников Барсова гора располагается в 15 км к юго-западу от г. Сургута, на правом берегу р. Оби.

Особенности археологических объектов и почв связаны с историей заселения людьми данной территории, с их образом жизни, хозяйственной деятельностью (краткая характеристика дана в главе 5.1.).

В первую очередь наше внимание привлекли оборонительные валы, поскольку именно подобные насыпи больше всего подходят для изучения процессов восстановления почв. Мы изучали также другие искусственные насыпи — обваловкаи вокруг жилищных впадин, представляющие собой бывшие присыпки стен жилищ, а также могильные выкиды. Оборонительные системы, жилища, могильные ямы хорошо фиксируются по изменению земной поверхности.

Оборонительные валы городищ представляют собой насыпи высотой 70—80 см и до 1 м по отношению к дневной поверхности. Ширина валов 2—3 м. Почвенные разрезы закладывали на выположенных вершинах валов. Обваловки жилищ имеют высоту до 50 см и ширину до 1—1,5 м, радиус зависит от размера жилищ.

Одной из традиций живших в то время народов было захоронение умерших в выкопанных ямах без последующего засыпания тел. В результате около могил сформировались так называемые могильные выкиды, имеющие следующие параметры в момент наблюдения: высота — до 30 см, ширина — до 1м, длина — около 2м (могильник Ендырский I). Почвенные разрезы закладывали на выположенных вершинах могильных выкидов. Возраст почв около 400 лет.

Вариабельность свойств почв, степень их антропогенного нарушения и изменения культурных слоев во времени выявляли при изучении почв внутри городищ, жилищ, почв погребений, очагов и пр.

Почвенные разрезы были заложены на различных памятниках (табл. 2.1). (Чемякин, 1981, 1989, 1995, 1998; Кокшаров, 1994; Борзунов,2000). Фоновые участки выбирали совместно с археологами, гарантировавшими отсутствие археологических памятников.

Таблица 2.1.

Соответствие номеров разрезов археологическим памятникам и их возраст*

№ разреза	Археологический памятник	Месторасположение почвенного разреза	Абсолютный возраст, лет
1-97	Поселение Ендырское VIII	Обваловка жилищной впадины №16	5000
6-97	Городище Ендырское III	Оборонительный вал	2700
7-97	Селище Ендырское IIIa	Обваловка жилища	2500
5-97	Городище Ендырское IV	Оборонительный вал	1500
4-98		Обваловка жилища	3000
4-97	Могильник Ендырский I	Насыпь в пределах могильника	400
2-98	Могильник Ендырский I	Выкид из могильной ямы	400
11-98,12-98, 13-98, 14-98, 9-98	Могильник Ендырский I	Погребения № 18, 19, 16, 23,14 соответственно	400
8-98,	Могильник Ендырский I	Очаг (для кремирования)	400
10-98	Могильник Ендырский I	Профиль с очагом РЖВ (раннего железного века)	2500
1-98	Могильник Ендырский I	Жилище РЖВ	2500
19-99	Могильник Ендырский II	Могильный выкид над почвой бронзового века	400 и 3000
21-99	Городище Ендырское I	Серия горизонтов разного возраста	от 400 до 1400
5-98	Городище Ендырское I (Эмдер)	Оборонительный вал	от 400 до 1400
28-92	Барсова гора II/8	Укрепление жилища	6000
НВ	Барсова гора	Обваловка жилища	5000
30-92	Барсова гора II/21	Обваловка жилища	4000
29-92	Барсова гора II/7	Укрепление жилища	3000
27-92	Барсова гора I/9	Оборонительный вал	2500
26-92	Барсова гора I/10	Оборонительный вал	2500
25-92	Барсова гора I/13	Оборонительный вал	2500
15-92	БГ, Чертово городище	Оборонительный вал	2500
20-92	Барсова гора I/18	Оборонительный вал	2500
7-00, 8-00, 9-00	Барсова гора IV/10	Обваловка жилища, профиль с очагом в пределах жилища и в 30 см от очага	2500
10-00	Барсова гора IV/10	В пределах жилища	2500
14-94	Барсова гора	Обваловка жилища	2500
29-94	Барсова гора I/3	Оборонительный вал	2500
24-92	Барсова гора I/16	Оборонительный вал	2200

Окончание табл. 2.1.

№ разреза	Археологический памятник	Месторасположение почвенного разреза	Абсолютный возраст, лет
22-92	Барсова гора I/7	Оборонительный вал	2000
23-92	Барсова гора I/15	Оборонительный вал	2000
17-92	Барсова гора II/6	Оборонительный вал	1500
27-94	Барсова гора II/2	Оборонительный вал	1200-1500
13-92	Барсова гора II/5	Оборонительный вал	1400
14-00	Барсова гора IV/10	Обваловка между жилищами № 2 и 3	400-700
15-00	Барсова гора IV/10	За пределами жилища № 2	400-700
16-00, 17-00, 18-00, 19-00	Барсова гора IV/10	В пределах жилища № 2 на разном расстоянии от центра	400-700
23-94	Барсова гора	Оборонительный вал	500
18-92	Барсова гора IV/16	Обваловка жилища	500

* *Здесь не указаны некоторые разрезы, для которых выполнены лишь морфологические описания, химический анализ не проведен, но некоторые морфологические характеристики данных разрезов использованы в главах 5.2 и 6.1.*

2.3. Методы изучения почв

На выбранных участках производили описание растительности и морфологическое описание почв. Отбор почвенных образцов проводился сплошной колонкой по выделенным морфологическим горизонтам, а при их большой мощности — через каждые 10—15 см. В молодых почвах с несформировавшимися морфологическими горизонтами образцы отбирали при делении верхней части профиля на отдельные слои небольшой мощности. Работы проводились во второй половине лета (конец июля — август).

Физические и химические свойств подготовленных высушенных и измельченных образцов изучали по общепринятым методам.

При исследовании физических свойств применяли следующие методы (Вадюнина, Корчагина, 1986):

- гигроскопическую влагу определяли термовесовым методом;

- гранулометрический состав по методу Качинского;

- объемный вес весовым методом с взятием образца определенного объема.

Химический анализ проводился с использованием следующих методов (Аринушкина, 1970):

- pH водной и солевой вытяжки потенциометрическим методом;

- гидролитическая кислотность по Каппену;

- сумма обменных оснований по Каппену-Гильковицу;

- подвижные формы фосфора в вытяжке Кирсанова колориметрическим методом;

- обменный калий в той же вытяжке пламеннофотометрическим методом;

- аморфное железо и алюминий в вытяжке Тамма с последующим комплексонометрическим определением;

- органический углерод в минеральных горизонтах по методу Тюрина;

- органический углерод в органогенных горизонтах по методу Анстета (Пономарева, Плотникова, 1975);

При валовом анализе химических элементов кремний был определен HCl -желатиновым методом, железо и алюминий — комплексонометрическим по сульфосалициловой кислоте, фосфор — колориметрическим по фосфорномолибденовой сини, сумма полуторных окислов — аммиачным, кальций и магний — комплексонометрическим, марганец — колориметрически персульфатным методом, титан — пероксидным методом в растворе после определения марганца, калий и натрий — пламеннофотометрическим. Химически связанную воду определили термовесовым методом с вычитанием содержания гумуса и гигроскопической влаги.

Качественный состав гумуса изучали по методу Тюрина в модификации В.В.Пономаревой и Т.А.Плотниковой (1975), оценку гумусного состояния проводили по показателям, предложенным Д.С. Орловым и Л.А.Гришиной (1981).

ГЛАВА 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

3.1. Физико-географическая характеристика района исследования

Известно, что почва есть результат и в то же время процесс длительного взаимодействия природных факторов почвообразования. В зависимости от конкретного сочетания факторов (горные породы, климат, живые организмы, рельеф) развиваются различные процессы, определяющие направление почвообразования. Поэтому понимание сущности процессов почвообразования, механизмов формирования каких-либо конкретных почв невозможно без рассмотрения факторов (условий) их формирования.

РЕЛЬЕФ, ПОЧВООБРАЗУЮЩИЕ ПОРОДЫ, КЛИМАТ РЕГИОНА. Изучаемые объекты в природном отношении расположены на территории географической провинции Кондинского левобережья (Ендырские памятники) и Приобской провинции (Барсова гора) среднетаежной подзоны Западно-Сибирской равнины («Западная Сибирь», 1963), а по классификации В.Б. Сочавы — в пределах Кондо-Сосьвинского физико-географического округа Кондо-Сосьвинской среднетаежной провинции Обь-Иртышской физико-географической области (Сочава, 1980; «Природные...», 1977).

Западно-Сибирская равнина по геологическому строению представляет собой молодую эпигерцинскую платформу, испытывающую колебательные тектонические движения с общей тенденцией к устойчивому прогибанию в течение всего мезокайнозоя. На этой огромной территории складчатый сложнодислоцированный герцинский фундамент опущен на большую глубину и перекрыт средне- и верхнепалеозойскими отложениями и платформенным чехлом неметаморфизированных пологозалегающих морских и континентальных, мезозойских и кайнозойских, рыхлых отложений (пески, супеси, галечники, суглинки, глины, илы) мощностью до 4000 м и более (Трофимук, Николаев, 1979). Равнина отличается общим незначительным повышением поверхности над

уровнем океана. Ее абсолютные высоты нигде не превышают 300 м. Современный рельеф Западно-Сибирской равнины обусловлен сложными и длительными процессами, протекавшими в условиях обширной, исключительно равнинной территории.

Основное значение в дифференциации природы Кондо-Сосьвинского ландшафта имело максимальное среднеплейстоценовое оледенение, вызвавшее изменения в доледниковом рельефе и оказавшее влияние на распространение современных литолого-геоморфологических комплексов. В последующее время рельеф ландшафта был переработан талыми водами, разработавшими многочисленные долины и производившими сильное эрозионное расчленение. В настоящее время мощность покровных четвертичных отложений не превышает 50 м. Преобладают среднечетвертичные водно-ледниковые отложения (эпохи самаровского оледенения), представленные галечниками, песками и супесями, в меньшей степени — суглинками покровного типа. Новочетвертичные аллювиальные песчаные и песчано-галечниковые отложения распространены по речным долинам, а озерно-аллювиальные — по понижениям плоских водоразделов и пониженным поверхностям. Рельефообразование, таким образом, протекало в условиях интенсивного эрозионного расчленения унаследованных в морфоструктурном плане водоразделов, озерно-аллювиальной аккумуляции в долинах и депрессиях и прогрессирующего заболачивания вследствие общей равнинности территории.

Гидрологические особенности равнины, ее рельеф и достаточное количество осадков определяют обводненность всей территории. Всюду типичны плохо дренированные заболоченные участки. Образование болот и рост торфяников имеют здесь грандиозные масштабы. В Западной Сибири наблюдается сложное взаимодействие процессов заболачивания и денудации различных форм рельефа, выполненных рыхлыми отложениями. В пределах низменности выделяются торфяники, приуроченные к межгривным котлованам, днищам ложбин древнего стока, моренным понижениям, котловинам озер-стариц современных и древних долин (Орлов, 1961).

Континентальный и довольно суровый климат с большими амплитудами теплого и холодного сезонов года, умеренным количеством осадков, которые распределяются по сезонам года крайне неравномерно, определяется положением Сибири в умеренных широтах, удаленностью от теплых морей, равнинностью с севера, позволяющей беспрепятственный проход холодного арктического воздуха с Северного Ледовитого океана, и горами на юге, отгородившими Сибирь от сухих масс центрально-азиатского воздуха. Охлаждающее влияние в летний период оказывают многочисленные на равнине озера и болотные массивы.

Преобладание на территории масс холодного и сухого континентального воздуха обусловливает весьма устойчивые на больших площадях низкие температуры января: (-20°...-24°С). В течение значительного промежутка времени почвы покрыты слоем снега: снежный покров со средней высотой 60—70 см держится устойчиво 180—200 дней. Средняя температура июля (+16°...+20°С). Средняя продолжительность безморозного периода в воздухе 105—90 дней. Суммы температур воздуха за период со среднесуточными температурами выше 10°С составляет 2000—3000°. Среднегодовое количество осадков 400—600 мм («Ханты-Мансийский...», 1980; «Атлас...», 1986): максимальное (100—170 мм) в июле—августе, наименьшее (10—25 мм) — в апреле. Характерно глубокое промерзание грунтов.

Равнинность рельефа, протяженность с севера на юг и особенности циркуляции атмосферы благоприятствуют зональному размещению биоценозов и геосистем. Зональность — одна из главных особенностей природы Западно-Сибирской равнины. Хотя зональные черты нередко затушевываются двумя другими специфическими чертами Западно-Сибирской равнины: 1)значительной заболоченностью всей территории и 2)интенсивным развитием поемности и аллювиальности в долинах крупных рек (так, на отдельных участках среднего течения р. Оби ширина поймы достигает 40—50 км). Тем не менее зональность в полной мере проявляется в растительном и почвенном покрове (Сочава, 1980).

Растительность. Подзона средней тайги Западно-Сибирской равнины, в пределах которой располагаются изученные объекты, характеризуется преобладанием темнохвойных и сосновых лесов и производных сообществ на их месте («Растительный...», 1985). От северотаежных типов эти леса отличаются более высокой продуктивностью (IV, реже III классы бонитета), большей высотой древостоя (17—20 м) и сомкнутостью (0,6—0,7), а также возрастанием роли таежного мелкотравья и зеленых мхов в составе нижних ярусов леса. В средней тайге особенно заметна приуроченность лесов к рекам-притокам (приречным частям водоразделов и высоким речным террасам) Иртыша и Оби разного порядка. Здесь господствуют темнохвойные леса, а на песках встречаются сосновые массивы. В силу относительного обилия долин коренные хвойные леса встречаются часто, но занятая ими площадь невелика. Для междуречий характерны сфагново-сосново-кустарничковые олиготрофные со специфическими болотными формами сосны сообщества.

Лесообразователями темнохвойных лесов являются три древесные породы: кедр сибирский, пихта, ель. В большинстве случаев они образуют полидоминантные древостои с участием всех трех пород. Монодоминантные древостои из темнохвойных пород в этом регионе встречаются крайне редко и являются кратковременными стадиями лесообразовательного процесса. В составе полидоминантных темнохвойных лесов обычно наблюдается примесь мелколиственных (береза) и светлохвойных пород (сосна, лиственница).

«Сосновые леса зандровых и водораздельных равнин, сложенных флювиогляциальными песками, следует рассматривать как квазикоренные сообщества спонтанной растительности» («Растительный...», 1985, с.112). Древесный ярус большей частью чисто сосновый, однако, не менее широко распространены и смешанные леса, в которых в качестве сопутствующих пород вместе с сосной встречаются кедр, ель, лиственница, береза.

Таежные леса имеют сравнительно бедный видовой состав флоры нижних ярусов. Подлесок во всех типах хвойных лесов отсутствует или развит слабо из единичных кустов розы иглистой,

ивы, можжевельника, рябины обыкновенной. Из представителей трав и кустарничков можно отметить ряд «верных» видов, специфичных как для темнохвойных, так и для светлохвойных лесов и связанных с ними как со средой обитания. Это прежде всего типичные бореальные кустарнички — брусника, черника, линнея, в том числе олиготрофные — багульник, а также представители таежного мелкотравья — майник двулистный, седмичник европейский, кислица, грушанка.

Практически сплошной моховой покров мощностью 8—10 см в темнохвойных лесах сложен главным образом *Hylocomium splendens и Pleurozium schreberi с участием Dicranum polysetum, Ptilium crista-castrensis.* В понижениях присутствуют *Polytrichum commune, Sphagnum.* Среди моховой дернины распространены небольшие латки лишайников *Peltigera aphthosa, Cladina rangiferina, Cl. stellaris, Cl. arbuscula, Cetraria laevigata.* Кустарничково-зеленомошный покров также получил господствующее положение в сосновых лесах. Сосновые лишайниковые леса приурочены к песчаным субстратам с автономными подзолистыми иллювиально-железистыми почвами.

Почвы. Характер почвообразования территории обусловлен указанными особенностями климата, рельефа, почвообразующих пород и растительности.

Своеобразие климатических условий оказывает существенное влияние на почвообразование. Недостаток тепла и избыточное атмосферное увлажнение, продолжительное (в течение полугода и более) пребывание почв в мерзлом состоянии, сокращающее активный период почвообразования, обусловливают замедление процессов биохимических превращений и предопределяют возможность интенсивного торфонакопления на поверхности почв, что проявляется в общей тенденции заболачиваемости территории. Небольшая скорость протаивания мерзлого горизонта благоприятствует созданию в надмерзлотной толще верховодки и восстановительных условий.

Преобладание хвойной растительности с неглубоким распределением корневых систем и кустарничково-лишайниково-мо-

ховый напочвенный покров определяют преимущественно напочвенное поступление биомассы в виде опада и отмерших растений. Значительная часть высвобождающихся при разложении органических остатков питательных элементов и оснований не уходят глубоко в почвенный профиль, а ассимилируется из водного потока в самом начале его формирования — у поверхности почвы с помощью поверхностной всасывающей корневой системы. Таким путем леса сводят до минимума вымывание из почвы элементов-биофилов, накапливая их не в почве, а в живой фитомассе, и живут за счет автономного, надпочвенного круговорота элементов (Пономарева, Плотникова, 1980). Опад хвойных лесов все же характеризуется бедностью зольного состава. При его разложении в указанных термических условиях и «перехвате» зольных элементов растениями из подстилки в почву поступают продукты разложения кислотного характера, отличающиеся высокой дисперсностью, подвижностью. Именно эти продукты, перемещаясь в почвообразующую породу и взаимодействуя с нею, определяют генетическое строение почвенного профиля.

Данные условия определяют протекание подзолообразовательного процесса. Однако направленность почвообразования в одинаковых климатических условиях зависит от рельефа и механического состава пород, влияющих на водный режим почв и характер растительности. Эти факторы усложняют описанную выше схему почвообразования и обусловливают распределение различных почв. Почвенный покров является сложным и мозаичным по составу и структуре.

Песчаные породы обусловливают формирование почв по явно автоморфному типу. Автоморфное почвообразование в силу специфических геоморфологических и гидрологических особенностей приурочено лишь к узким приречным пространствам, представляющим собой хорошо дренированные поверхности, толщи пород которых, как правило, на значительную глубину отмыты от карбонатов. Именно на этих элементах рельефа формируются основные массивы подзолистых Al-Fe-гумусовых почв с хорошо развитым профилем, четко дифференцированным на генетические

горизонты (Гаджиев, Овчинников, 1977; Добровольский и др., 1981; Долгова, Гаврилова, 1971; Сазонов, 1978).

На суглинистых отложениях в условиях избыточного атмосферного увлажнения и затрудненного оттока атмосферных осадков происходит переувлажнение почв, их оглеение, заболачивание. Покровные суглинки содержат в своем составе по сравнению с песками больше оснований, которые снижают агрессивные свойства органических кислот. Это приводит к ослаблению процессов разложения минералов и высвобождению соединений железа.

При формировании почв на песках, относительно бедных высокодисперсными фракциями и основаниями, происходит более быстрое и глубокое разрушение минералов. Хорошая водопроницаемость этих отложений способствует энергичному выносу подвижных металлооогрганических комплексов в нижние горизонты.

Строго говоря, материнские породы не изменяют основного направления почвообразования, но некоторым образом влияют на его интенсивность и, возможно, скорость (Гаджиев, Овчинников, 1977). На суглинистых и глинистых отложениях подзолообразовательный процесс выражен слабее, формируются слабо- и средне -подзолистые почвы с признаками поверхностного и глубинного оглеения.

В почвенном покрове распространены также гидроморфные минеральные болотные и заболоченные органогенные почвы, среди них большая роль принадлежит генетически подчиненным почвам. Широкое распространение процесса заболачивания является закономерным результатом господствующих в западносибирской тайге природных условий и рассматривается как однонаправленный прогрессирующий процесс, происходящий в течение всего голоцена (Караваева, 1973, 1982). По мнению Н.А. Караваевой (1973, с. 163), «...все автономные и генетически подчиненные группы почв водоразделов...связаны между собой, сменяют друг друга в пространстве и во времени. По существу все группы почв, как и все единицы почвенного покрова, представляют собой единый генетический ряд заболачивания». Предложенные И.М. Гаджиевым (1977, 1988) эволюционные стадии почвообразования также имеют основной тренд в сторону заболачивания.

Таким образом, типично подзолистые почвы на изучаемой территории имеют весьма ограниченное распространение и представлены отдельными контурами. Обязательными условиями формирования этих почв, помимо климатических факторов, являются легкий механический состав почвообразующих пород, расположение на высоких речных террасах и повышенных участках междуречий с глубоко залегающими грунтовыми водами и лесная растительность.

3.2. Природные условия и почвообразование на территории среднетаежной подзоны Западной Сибири в голоцене

Формирование исследуемых нами почв возрастом до 5000 лет происходило в течение суббореального и субатлантического периодов голоцена, причем для большинства почв (возраст 2500 лет и менее) — только в течение последнего субатлантического периода.

Природные комплексы на изучаемой территории являются относительно молодыми. Современный лик низменности обусловлен ее четвертичной историей и теми ледниковыми эпохами, с которыми связано происхождение мощных ледниковых покровов. Наиболее значительным было среднеплейстоценовое самаровское оледенение, моренные отложения которого широко распространены на междуречных пространствах между 58^0—60^0 и 63^0—64^0 с.ш. (Михайлов, 1976). На основании данных о положении границ оледенений и связанных с ними отложений (Орлов, 1961; Рослый, 1986; Волков, Волкова, 1981) можно считать, что изучаемые нами объекты расположены в пределах территории распространения отложений максимального самаровского оледенения и вне пределов последнего зыряновского оледенения. Формирование современной гидрографической сети и основных черт современного рельефа связано с окончанием ледниковых эпох.

В древнем голоцене на территории Западной Сибири уже существовала географическая зональность (Нейштадт, 1957). К бореальному периоду почти завершился процесс распада гиперзонального растительного комплекса позднего плейстоцена и произошла консолидация основных растительных зон: тундровой, лесной,

степной («Колебания...», 1988). В течение голоцена неоднократно происходило смещение границ природных зон в связи с тем, что развитие климата протекало неравномерно — выделяются более теплые периоды и периоды ухудшения климата. Климатическая обстановка пребореального и бореального периодов хотя и не характеризуется постоянством, но в целом была более суровая, чем современная. Северные границы ландшафтных зон в наиболее холодное пребореальное время были смещены к югу на 4—4,5^0, т.е. на 400—450 км южнее современного положения (Волкова и др.,1989). В конце бореала отмечается широкое расселение древесной растительности. На территории 65^0—55^0 с.ш. Западно-Сибирской равнины распространены березово-еловые и сосновые леса с субарктическими элементами в подлеске.

С атлантическим периодом (8000—5000 лет назад) связывается становление в Западной Сибири лесостепи и степи как зональных типов растительности. В связи с общим потеплением климата наблюдается резкое распространение лесов на север. Максимальный расцвет темнохвойных (кедр, пихта, ель) и широколиственных пород приходится на конец атлантического и начало суббореального периодов (6000—4500 лет назад). К этому времени относится климатический оптимум в Сибири. Он характеризовался наиболее высокими июльскими температурами (+22^0...+23^0) и средней температурой января —16^0... -21^0. Величина смещения границ ландшафтных зон к северу в оптимум голоцена оценивается в 500—600 км (Волкова и др., 1989).

Около 5000 лет назад, в конце периода оптимума голоцена, произошло усложнение и дифференциация растительных зон, расширение зоны лесов. Подзона темнохвойной тайги в это время подразделяется на три полосы: северную, среднюю, южную, тогда как в бореальном периоде выделяются только полосы северной и средней тайги. Южная граница тундровой зоны располагалась на 300 км севернее современной.

Значительное похолодание (со средними температурами июля +17^0, января —21^0... —25^0) и уменьшение количества осадков до 400 мм наблюдается в начале суббореального периода

(около 4500 лет назад). На территории современных северотаежных лесов сократились площади лесной растительности. В центральной части Западно-Сибирской равнины продолжали существовать сосново-березовые леса, в которых сократилось участие кедра, исчезла пихта (из-за уменьшения количества осадков). В самом конце суббореального периода (около 3000 лет назад) после незначительного потепления (4000 лет назад) вновь наступило относительное похолодание климата, сократились роль ели и доля широколиственных лесов (территория 65^0—55^0 с.ш.). В основном были распространены кедрово-сосновые и березово-сосновые леса, на севере лесной зоны увеличивается роль кустарниковой березки.

Субатлантический период (последние 2500 лет) отличался значительными и кратковременными колебаниями климата. На фоне общего потепления чередуются волны потеплений и похолоданий. Первая волна потепления со средними температурами июля 18^0—19^0 и января -17^0—20^0, осадками 500—550 мм приходится на начало субатлантического периода (2500—2300 лет назад). Следующее потепление (2000—1400 лет назад) было менее глубоким, но более продолжительным. За это время из состава растительности исчезли ель и липа, широкое распространение получили кедрово-сосновые и березовые леса. Климат приближался к современному, временами был суше и теплее. Климат двух последних потеплений (1400—700 и 600—100 лет назад) был близок к современному климату центральной части Западной Сибири. Палинологические данные свидетельствуют о распространении сосново-березовых лесов с участием ели и пихты, но уже без широколиственных пород.

Похолодание в интервале 2300—2000 лет назад отразилось в сокращении роли древесных пород и широком заболачивании территории, а на рубеже 1200—1400 лет проявилось слабо и было, по-видимому, непродолжительным и неглубоким. Наиболее сильным было похолодание около 600—700 лет назад («малая ледниковая эпоха»). В разрезах на р. Суме в спектрах отложений отмечается почти полное отсутствие пыльцы древесных пород.

Следы сдвига зон сохранились в строении почвенных профилей (Герасимов, 1940; Уфимцева, 1966; Гаджиев, 1976, 1988). Один из наиболее ярких рассматриваемых примеров — существование почв со вторым гумусовым горизонтом на территории современной южной тайги. Установлено, что формирование этих почв связано с деградацией лесостепных почв среднеголоценового времени при поселении на них лесной растительности в условиях хорошего дренажа при смещении границ природных зон к югу.

На фоне смещения границ природных зон территория современной средней тайги всегда находилась в пределах зоны лесной растительности. На пыльцевых диаграммах (Нейштадт, 1957) отмечается пыльца только тех древесных пород, которые встречаются в районе и в настоящее время, не обнаружено ни одного пыльцевого зерна каких-либо теплолюбивых широколиственных пород. По данным о видовом составе торфяной залежи, строении почв и физико-химических свойствах отложений на всем протяжении голоцена (последние 10 тыс. лет) на территории среднетаежной подзоны Западной Сибири существовали в основном бореальные условия (Сазонов, 1984а). Отмеченные колебания климата в сторону потепления или похолодания не меняли в голоцене основного бореального режима на описываемой территории. Смещение границ природных зон и изменение климатических условий почвообразования затрагивали в большей мере территории северной и южной частей современной таежной зоны, тогда как ландшафты на территории ее средней части, хотя и испытывали колебания климата, но не подвергались коренным перестройкам.

Как в раннем, так и в среднем и позднем голоцене ассортимент типов почв на описываемой территории был и остался прежним: подзолистые, подзолисто-глеевые, подзолисто-болотные, болотные и пойменные почвы. Это подтверждает одинаковый набор типов почв на различных по высоте и возрасту геоморфологических поверхностях.

Однако это не означает, что не происходила и не происходит смена типов почв на одном местоположении — эволюция почв. Профили многих почв Западной Сибири — исторически сложив-

шиеся полигенетические образования. Самым распространенным явлением эволюции почв на территории Западной Сибири, как уже указывалось, является прогрессивное заболачивание на фоне увеличения гидроморфизма. На протяжении голоцена лесные фитоценозы сменились болотными на территории в 786 000 км^2, а по другим источникам — и до 1 млн. км^2 (Нейштадт, 1976). В среднем эта смена ежегодно происходила на площади около 10 000 га.

В общем генетическом ряду заболачивания песчаные подзолистые почвы являются начальным членом. Однако при сохранении благоприятных условий (при отсутствии сильной денудации, размыва, затопления) существует возможность подзолообразования на песчаных породах в течение длительного времени. Так, А.Г. Сазонов (1978, 1984б, 1986), исследуя почвы Кондо-Сосьвинской возвышенности, приходит к выводу, что эти почвы — одни из самых древних на исследуемой территории. Возникнув на вершинах песчаных увалов в верхнем плейстоцене под хвойной растительностью, они сохранились здесь до настоящего времени. Пески, выйдя на дневную поверхность в середине плейстоцена, по-видимому, были заняты лишайниковыми сосняками, так как других типов растительности на этих бедных элементами питания отложениях в бореальном поясе не формируется, а под такими лесами господствует подзолистый процесс. Дальнейшая эволюция почвообразования автоморфных подзолистых почв региона связана с усилением подзолообразования и усилением дифференциации профиля на генетические горизонты. Смещение ландшафтных зон в послеледниковый период не изменило основного направления почвообразования, а лишь замедляло или ускоряло течение процесса. На вершинных местоположениях подзолистые почвы не сохранили каких-либо признаков других типов почвообразования. Очевидно, что сосновые лишайниковые и брусничные леса, формирующиеся на этих почвах, могут рассматриваться в пределах территории как устойчивые образования. Конечной стадией развития подзолистых почв, по мнению А.Г. Сазонова, можно считать языковатые подзолы с максимальной мощностью 25 см, после чего наступает стабилизация профиля.

На песчаных террасах различного возраста (от 1 до 7 тыс. лет) рек Емьюган и Юган и на водоразделах (15 тыс. лет) под лишайниковыми сосняками строение подзолистых почв почти одинаково (Сазонов, 1986). Это означает, что уже на первой надпойменной террасе формируются зрелые песчаные почвы, которые сохраняются здесь в условиях бореального климата Кондо-Сосьвинской возвышенности длительное время, даже когда эта терраса становится постепенно второй или третьей.

При изучении истории почв Русской равнины было установлено (Таргульян, Александровский, 1976), что при переходе от плейстоцена к голоцену эволюция почв при отсутствии погребений и денудаций сопровождалась возникновением новых профилей в той же толще, не наследующей признаков прежних профилей, — стирающая эволюция. В это время произошла смена примитивных профилей (типа $A\text{-}C_{Ca}$) на подзолистые. Для первой половины голоцена была характерна развивающая эволюция — быстрый рост и усиление дифференциации подзолистого профиля в связи с саморазвитием и направленным изменением условий почвообразования без качественного изменения признаков почв. Допустимо, что на протяжении атлантического периода саморазвитие подзолистого профиля достигло квазиравновесного состояния. После оптимума существенного развития и перестройки профилей не произошло, в основных чертах профиль унаследован от атлантической стадии саморазвития. Это этап преимущественно наследующей эволюции, характерной для почв на легких породах в течение всего послеатлантического времени. При этом не исключается полностью развитие таких процессов, как Al-Fe-гумусовая миграция, передвижение суспензий и других, но их профилеобразующее значение существенно снижается. Таким образом, предложенная В.О. Таргульяном и А.Л. Александровским гипотеза эволюции полноголоценовых почв (экспонированных на дневной поверхности в течение всего голоцена без погребений и денудаций) допускает возникновение подзолистых почв в самом начале голоцена и последующее их развитие без наложения качественно других признаков почвообразования.

Из сказанного выше следует выделить следующие положения. В пределах территории расположения исследованных археологических памятников природные ландшафты в геологическом масштабе являются молодыми. Формирование современного рельефа и поверхностных отложений связано со среднеплейстоценовым максимальным оледенением и последующей переработкой рельефа поверхностными водами.

Смещение границ ландшафтных зон на протяжении голоцена не затрагивало рассматриваемую территорию, которая всегда находилась в пределах лесной зоны, соответственно, не изменялось общее направление почвообразования. В течение всего голоцена на легких породах повышенных элементов рельефа протекал процесс подзолообразования. В результате климатических колебаний могло происходить ускорение или замедление подзолообразования. Также вполне допустимо, что на протяжении атлантического периода саморазвитие подзолистого профиля достигло квазиравновесного со средой состояния, т.е. зональные почвы территории являются древними и зрелыми. Колебания климата в течение времени формирования изучаемых почв (последние 5000 лет, особенно 2500 лет) были кратковременными, в определенные интервалы климат приближался к современному. Поэтому можно считать, что все исследуемые почвы формировались в сходных биоклиматических условиях, создающих предпосылки для развития подзолистых почв, а изменения климатических условий, так же как и в случае фоновых почв, существенно не повлияли на формирование профилей.

ГЛАВА 4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ

Антропогенные по своему генезису, археологические ландшафты после ухода населения с территории в своем дальнейшем развитии попадают под воздействие природных факторов. Все их компоненты, включая растительность и почвы, восстанавливаются по природным закономерностям. При этом восстановление растительности происходит быстрее, чем формирование зрелых почв. Первоначальные стадии восстановления отличаются повышенной динамичностью, в дальнейшем процессы замедляются. Результат этих процессов мы наблюдаем, изучая объекты возрастом в несколько 100-летий и 1000-летий.

Как на фоновых участках, так и в пределах изучаемых археологических памятников растительность представлена лесными сообществами, характерными для данного региона. Характеристика сообществ на памятниках Барсовой горы аналогична характеристике сосняков на Ендырских памятниках, поэтому более подробно приводим описание растительности на Ендырских памятниках. Видовой состав растений с некоторыми характеристиками представлен в табл. 4.1.

На месте заложения разреза 3—97 фоновой почвы в древесном ярусе доминирует сосна, формула древостоя 5С3К2Е+Б. Участок разреза 3—98 другой фоновой почвы характеризуется более сложным по составу древесным ярусом, в котором преобладает ель (3Е2К2С2Л1Б+П). Растительность археологических объектов соответствует одному из фоновых участков. В древесном ярусе большинства изученных объектов (разрезы 1—97, 5—97, 6—97, 7—97) доминирует сосна, присутствуют также другие хвойные породы — кедр (сосна сибирская), ель, лиственница.

В отличие от растительности памятников Барсовой горы на Ендырских памятниках есть сообщества (соответствующие фоновому разрезу 3—98: разрезы 4—97, 4—98, 2—98, 1—98, 8—98, 9—98 и др.), в которых в древесном ярусе преобладает ель, другие

Таблица 4.1.

Некоторые характеристики растительности на местах заложения разрезов

Вид	№ разреза								
	3-97	1-97	7-97	6-97	5-97	3-98	4-98	4-97, 11, 12, 13, 14-98	2-98, 1-98, 8-98, 9-98, 10-98
1.ДРЕВЕСНЫЙ ЯРУС Формула древостоя	5С3К2Е+Б	6С2К2Е+Б	7С2К1(Л+Е)	10С	4С4Е1К1Л	3Е2К2С2Л1Б+П	6Е4С+Б	2Е3Л2К1С1Б+П	3Е2К2С2Л1Б+П
Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris L.*	20-22* 19-23	18-20 20-25	20-23 29-38	15-18 17-20, max 31	17-19 16-25	12-15 15-20	10-13 10-20,max 40	до 17 15, max 30	10-15 14-20
Кедр сибирский *Pinus sibirica (Rupr.)Mayr*	18-20 15	18-20 15-18	15 15-27	-	17-20 29-39	14-17 20-30	-	15-18 не более 18	15 27-38
Ель сибирская *Picia obovata Ledeb.*	12-18 11-13, max-25	17-19	10 10-12	-	15-18 17-27	10-15 13-20	10-15 10-19, max 35	11-16 20	9-12 14-17
Лиственница сибирская *Larix sibirica Ledeb.*	-	-	22 31-37	-	- 30	14-17 19-28	-	до 20 20-32	15-17 19-30
Пихта сибирская *Abies sibirica Ledeb.*	-	-		-	-	15 12-15	-	15 15	8-12 16-17
Береза *Betula pubescens Ehrh.*, реже *B. pendula Roth*				-	до 18 м до 16 см	13 15-20	12 15	15 18-20	10-17 10-21

Продолжение табл. 4.1.

Вид	№ разреза								
	3-97	1-97	7-97	6-97	5-97	3-98	4-98	4-97, 11, 12, 13, 14-98	2-98, 1-98, 8-98, 9-98, 10-98
2.ПОДРОСТ (указана высота)									
Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris L.*	до 1 м	2-3 м	2-8 м	до 10 м	-	-	-	-	-
Кедр сибирский *Pinus sibirica (Rupr.)Mayr.*	до 2,5 м	2-5 м	1-5 м	до 10 м	до 1м	-	-	до 1м, обильный	-
Ель сибирская *Picia obovata Ledeb*	до 1,5 м	0,5-3 м	1-8 м	до 10 м	0,2-5 м, много	Много сухих	до 8 м, редко	1-10, сухой	-
Лиственница *Larix sibirica Ledeb.*	-	-	-	-	-	-	0,5-5	-	-
Пихта сибирская *Abies sibirica Ledeb.*	-	-	-	-	-	-	0,8-1,5	-	-
Береза *Betula sp.*	-	до 3 м	до 8 м	до 5 м	поросль			до5м	-
3.ПОДЛЕСОК									
Рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia L*	-	-	-	-	-	-	-	sol	-
Можжевельник обыкновенный *Juniperus communis L.*	-	-	-	-	sol	-	sol	sol	-
Шиповник иглистый *Rosa acicularis Lindl.*	-	-	-	-	sol	-	sol	sol	-
Жимолость *Lonicera sp.*	-	-	-	-	sol	-	-	un	-

Продолжение табл. 4.1.

Вид	№ разреза								
	3-97	1-97	7-97	6-97	5-97	3-98	4-98	4-97, 11, 12, 13, 14-98	2-98, 1-98, 8-98, 9-98, 10-98
4.ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКО-ВЫЙ ЯРУС ** Брусника *Vaccinium vitis-idaea L*	cop1	sp	cop2	cop2	cop2	cop2	cop3	cop2	
Черника *Vaccinium myrtillus L.*	cop2	sol	-	-	sol	sol	-	sol	-
Голубика *Vaccinium uliginosum L.*	sp	-	-	-	-	-	-	sol	-
Багульник болотный *Ledum palustre L.*	cop2	-	-	cop3	cop3	-	-	-	-
Водяника черная *Empetrum nigrum L.*	sp	-	-	-	-	-	-	-	-
Костяника *Rubus saxatilis L.*	-	-	-	-	-	-	sol	-	-
Морошка *Rubus chamaemorus L.*	-	-	-	-	sol	-	-	sol	-
Хвощ лесной *Equisetum sylvaticum L.*	sol	-	-	-	sol	-	sol	-	-
Майник двулистный *Maianthemum bifolium (L.)F.W. Schmidt*	-	-	-	-	sol	-	-	-	-
Линнея северная *Linnaea borealis L.*	-	sol	-	-	cop1	sol	-	cop 1	-
Осока *Carex sp.*	-	-	-	-	sol	-	-	-	-

Окончание табл. 4.1.

Вид	№ разреза								
	3-97	1-97	7-97	6-97	5-97	3-98	4-98	4-97, 11, 12, 13, 14-98	2-98, 1-98, 8-98, 9-98, 10-98
Аконит высокий *Aconitum excelsum Rchb.*	-	-	-	-	-	-	-	sol	-
Иван-чай *Chamaenerion angustifolium L.*	-	-	-	-	-	-	-	un	-
Злаки	-	-	-	-	sol	-	sol	sol	-
Плаун *Licopodium*	-	-	-	-	sol	-	-	-	-
Клевер люпиновидный *Trifolium lupinaster L.*	-	-	-	-	un	-	-	-	-
Седмичник *Trientalis sp.*	-	-	-	-	un	-	-	-	-
5.МОХОВО-ЛИШАЙНИКОВЫЙ ЯРУС ***									
Мхи	60	35	30	60	50	95	90	90	95
Лишайники	80	80	80	40	20	5	10	10	-

* — *В числителе — высота деревьев, м, в знаменателе — диаметр, см.*
** — *Обилие по шкале Друде.*
*** — *Общее проективное покрытие, %.*

хвойные породы присутствуют, но менее многочисленны. Изредка встречаются пихта и береза. Формулы древостоя отражают его сложный состав (см. табл. 4.1.). В дальнейшем сообщества с преобладанием сосны в древостое, как и чистые сосняки, для краткости мы называем «сосняками», а сообщества с преобладанием ели — «ельниками».

Состав подроста соответствует составу древесного яруса. Состав нижних ярусов в отличие от древесного однообразен. Подлесок на некоторых участках отсутствует, на других он немногочисленный и представлен единичными растениями рябины, розы иглистой, черемухи, можжевельника. Травяно-кустарничковый ярус обладает большим сходством под разными древостоями. Единичны травянистые растения, среди кустарничков преобладает брусника, реже встречаются черника, водяника. На Барсовой горе в ряде разрезов (помимо указанных в табл.4.1) отмечены овсяница, вейник наземный. В некоторых случаях более обильная травянистая растительность повлекла за собой изменение и химических свойств, на что сделана ссылка в соответствующих разделах (глава 6). Практически вся поверхность почвы покрыта зелеными мхами (преимущественно *Pleurozium Shreberi, Hylocomium splendens, Ptilium crista-castrensis, p. Dicranum, реже встречаются Polytrichum commune, Sphagnum sp. Mnium sp.*) и лишайниками (*p. Cladina, Cladonia, Cetraria laevigata, Peltigera aphthosa*):, площадь проективного покрытия для лишайников составляет от 10 до 90%, для мхов — от 35 до 95%.

Сходство растительности было обязательным условием для сравнения свойств разновозрастных почв, поэтому мы составляли хроноряды почв, сформировавшихся под разными растительными сообществами как в сосняках, так и в ельниках и сравнивали с соответствующими фоновыми почвами.

В некоторых случаях растительный покров в пределах памятников существенно отличается от фоновых участков. Например, в пределах городища Ендырского I (Эмдер) среди зарослей черемухи и рябины многочисленны крапива, яснотка белая, аконит,

болиголов, встречаются марьин корень (пион уклоняющийся), вороний глаз, малина, вероника дубравная и др. Многие из встречающихся видов растений являются нетипичными для естественной растительности водораздельных участков и высоких речных террас региона. В пределах могильника того же возраста (разрезы 4—97, 2—98, 1—98, 11, 12 и др) растительность соответствует фоновой (разрез 3—98). За пределами городища обычны хвойные леса с преобладанием ели и пихты. Подобные объекты с резко отличающимися растениями и почвами для составления хронорядов нами не использовались.

Во всех остальных случаях видовой состав и основные характеристики растительных сообществ на изученных археологических памятниках соответствуют таковым в окружающих лесных фитоценозах, которые рассматриваются как устойчивые коренные сообщества данной местности (глава 3). Формирование растительных сообществ протекает по зональному типу, и за рассматриваемые промежутки времени (от 400 лет) на нарушенных участках произошло восстановление растительности, соответствующей фоновой

ГЛАВА 5. АНТРОПОГЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОЧВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ

5.1. Нарушения почв в связи с образом жизни населения

Поселение людей на определенной территории и любая деятельность неизбежно приводят к изменениям почв и почвенного покрова. Тип изменения и глубина воздействия тесно связаны с образом жизни и занятиями древнего населения, имевшими свои особенности в различные исторические эпохи.

Хозяйство обитателей Нижнего Приобья не было специализированным. Главенствовали рыболовство, охота, животноводство, а подсобную роль играл сбор дикорастущего лесного урожая («Нягань...», 1995). В годовом хозяйственном цикле выделялись два промысловых периода: весенне-летний, когда рыбная ловля была главным занятием, и осенне-весенний — в эту пору в основном охотились. Едва ли не на первом месте стояло звероловство у жителей Ендыря. Рыболовство — одно из древнейших занятий в Западной Сибири. В наиболее напряженный рыболовный сезон (от вскрытия рек до сентября) целыми селениями жители выезжали к руслу Оби. Мощные скопления чешуи, жаберных крышек, костей обнаружены (Зыков, Кокшаров, 2001) в толще практически всех строительных горизонтов памятника городище Ендырское I (Эмдер).

Обские ханты разводили лошадей и рогатый скот. В конце XIX — начале XX веков на притоках Оби (Ендыре, Шеркале) стали селиться казымские ханты-оленеводы. По отношению к охоте это было все-таки вспомогательное занятие. По-видимому, много значил в хозяйстве коренного населения Нижней Оби «лесной огород».

Для изучения антропогенного воздействия на почвы имеют значение виды построек. С развитием общества они претерпевают изменения. Появляются также новые материалы для изготовления орудий труда, которые одновременно служат источником поступления в почву определенных химических элементов. Самые ранние следы человека в Нижнем Приобье относятся к мезолиту

— около 10—8 тысяч лет назад («Нягань...», 1995). Именно в это время происходит глобальное потепление, ледник отступает, формируются современные ландшафты и речная сеть Приобья. Человек обнаруживает себя изделиями из камня. В неолите 7—5 тысяч лет назад человек овладевает секретами изготовления глиняной посуды. Обнаружены и исследованы остатки огромных неолитических домов-землянок площадью 160—200 м^2, внутри которых вдоль стен расположены дощатые нары, а на полу остатки минеральной краски — охры. В энеолите (III тысячелетие до н.э.) к обитателям Приобья попадали медные изделия от уральских металлургов.

В бронзовом веке (первая половина II — начало I тысячелетия до н.э.) население Обь-Иртышья, не имевшее собственной рудной базы, овладевет литейным делом, начинает производить бронзовые орудия труда, оружие и украшения. Однако появление металлических орудий мало отразилось на основных занятиях населения — охоте и рыболовстве. Возведение рыбацких запоров, ачей с ловушками и поддержание их в рабочем состоянии требовали слаженных усилий большого коллектива — общины. Такой коллектив мог совместно обитать в большом доме. И действительно, остатки такого внушительного сооружения обнаружены на р. Ендырь.

На поздних этапах бронзового века западно-сибирской тайги появляются не только укрепленные дома, но и поселения, которые можно назвать крепостями. Однако пик строительства городищ и фортификационного дела в Приобье приходится уже на следующий исторический период — ранний железный век (начиная с VII—VI в до н.э.), хотя этот термин носит здесь условный характер: именно в это время достигает расцвета бронзолитейное производство. Находки первых железных изделий относятся ко времени III-II веков до н.э. (привозное железо). Своя черная металлургия и металлообработка появляются в Нижнем Приобье не ранее I века.

Заметные перемены в Нижнем Приобье наступают в VIII—IX веках. Усиливается мощность оборонительных сооружений: нарастают ширина и глубина рвов, совершенствуется конструкция

крепостных стен, кроме однорядных фортификаций появляются глубоко эшелонированные, состоящие из двух или трех рядов стен со рвами перед ними («Нягань...», 1995).

В итоге можно сказать, что при данном образе жизни главные воздействия человека на почвы были связаны со строительством, выкапыванием ловчих и хозяйственных ям, с непосредственным вытаптыванием, погребальными обрядами, поступлением в почвы различных веществ — отходов хозяйственной деятельности и оставшихся после пребывания человека орудий труда и других предметов. Жизнь древнего населения не была связана с возделыванием земли. Не существовало обширных распахиваемых участков, не вырубались и не выжигались участки леса под пашню. Вследствие бедности природными ресурсами не получило широкого распространения горное дело, обычно сопровождаемое даже со времен неолита образованием карьерно-отвальных комплексов.

Появление укрепленных городищ с оборонительными системами увеличило площади с разрушенными почвами. Первоначально появлявшиеся городища были относительно кратковременными, функционировали не более нескольких десятилетий, имели простую однолинейную систему обороны. Позднее, в IX в. появились городища с двойными оборонительными стенами, существование поселения на одном месте в течение длительного времени (подобно городищу Эмдер) сопровождалась перестройками сооружений, что вело к увеличению толщины культурного слоя, имеющего сложную стратиграфию, и «расползанию» остатков строений по площади.

В целом, вне зависимости от рода занятий населения, по степени преобразования и глубине воздействия человека на почвы можно выделить следующие виды их антропогенных нарушений:

1. Изменения, не сопровождаемые механическим перемещением и удалением (сносом) почвенной толщи. Почвенные горизонты и профили сохраняются, но приобретают новые свойства. Сюда относятся изменения плотности, структуры, состава отдельных слоев почв вследствие утаптывания, привнос различных микроскопических частиц природного и неприродного происхожде-

ния на местах передвижений и активной деятельности; а также изменение химического состава в местах выбрасывания хозяйственных и пищевых отходов непосредственно на поверхность почв. Наземные очаги локально изменяют состав почвенных горизонтов: выгорает органическое вещество, накапливаются минеральные соединения (зола), под воздействием высоких температур на определенной глубине происходит преобразование минеральных почвенных соединений (образование «прокала»), в то время как сама минеральная толща не переоткладывается.

2. Частичное разрушение верхней части почвенных профилей. На поверхности оказываются более глубокие почвенные горизонты, которые перекрываются более или менее мощным слоем культурных отложений, либо непосредственно на них происходит формирование новых почвенных горизонтов.

Такие разрушения связаны с более сильным вытаптыванием людьми и домашними животными, выкапыванием неглубоких канавок, ям, постройкой неглубоких жилищ и других сооружений.

3. Полное разрушение почв.

Некоторые виды строительства, выкапывание глубоких ям различного назначения сопровождались переотложением почвенной массы в пределах глубины всего почвенного профиля. Как на разрушенных участках, так и на вновь образованных насыпях происходят процессы естественного восстановления почв.

Как частичное, так и полное разрушение почв, может быть также результатом природных процессов, активизированных хозяйственной деятельностью человека. Например, раздувание или размывание почв на склоне после уничтожения растительности, на месте бывшей канавки и т.п.

Таким образом, воздействие людей на почвы зависит от их образа жизни, вида хозяйственной деятельности. Степень преобразования почв может быть различной — от приобретения сохранившимися горизонтами новых свойств до полного разрушения почв. Самые существенные и наибольшие по площади изменения почв населением данной территории были связаны со строительством отдельных жилищ и укрепленных городищ.

В результате антропогенного воздействия почвы археологических памятников по сравнению с фоновыми приобретают характерные особенности как в морфологическом облике, так и в физических и химических свойствах.

В связи с этим наши исследования можно разделить на два направления. Одно из них касается изучения степени изменения почвенного покрова в местах наибольшего воздействия (жилища, очаги, хозяйственные ямы, погребения и пр.), другое позволило охарактеризовать динамику развития подзолистых почв на участках с наименьшей насыщенностью остатками хозяйственной деятельности (оборонительные валы, укрепления, подсыпки стен жилищ, выбросы из могильных ям).

5.2. Особенности почв археологических памятников

В данном разделе мы приводим характеристики наиболее антропогенно измененных почв на территории памятников.

Все почвы районов древних поселений можно рассматривать как в той или иной степени антропогенно измененные. Для характеристики почв древних антропогенных ландшафтов археологи используют понятие «культурного слоя» (КС), уделяя главное внимание изучению материальных остатков человеческой деятельности (предметы, отпечатки, изменение цвета и структуры вмещающей породы и пр.), то есть так называемому антропогенному компоненту культурного слоя. С другой стороны, основу любого КС составляет почвенно-литологический компонент, образованный из почвенного горизонта или литологического слоя, на месте которого сформировался культурный слой. Понятие КС не соответствует ни одному из понятий естественных наук (почвоведения, геологии). Действительно, культурный слой — уникальный объект, его двойственная природа (включает в себя антропогенный и природный компоненты) осложняет создание единой теории формирования КС, их описаний, характеристик и предопределяет различные стороны его изучения (Сычева, 1994; Чеха, 1995).

К настоящему времени сложилось представление о том, что КС необходимо рассматривать как результат производственной деятельности человека и вместе с тем как результат процесса преобразования почв вследствие этой деятельности и наложения естественных процессов на КС (Сычева, 1994; Сычева и др., 2000), т. е., культурный слой является антропогенно-природным образованием, формирующимся под совместным влиянием антропогенных и природных факторов. Соответственно, в почвах можно выделить как антропогенные, так и природные компоненты и свойства.

Характерные черты почв археологических памятников, в первую очередь, выявляются при анализе их морфологических признаков. Описания фоновых почв приведены в главе 6.1.

Рассмотрим примеры описания культурных слоев. Горизонты погребенных почв здесь и далее обозначены в квадратных скобках.

Могильник Ендырский I.

Разрез 1–98. 2500-летняя почва в пределах жилища.

A0	Отсутствует, так как подстилка была вытоптана в связи с исследовательскими работами в прошлом году.	
A2	0–7 см	Серый, с белесой присыпкой, легкий суглинок, плотный, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт выделяется по цвету, граница резкая, ровная.
B1	7–14 см	Очень темный желтый цвет, более плотный, супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями растений, переход ясный, нижняя граница неровная (языками). Встречаются угольки.
B2	14–17 см	Серый, перемешан с желтым песком, встречаются угли. Неоднородный по цвету, возможно, вытаптывался. Супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями. Граница перехода отчетливая по цвету, ровная.

[A2]	17–22 см	Белесый, супесчаный, бесструктурный, встречаются корни растений, красно-бурые и сероватые пятна, рыхлый, граница перехода выделяется по цвету, волнистая.
[B1]	22–29 см	Ярко-бурого (ржавого) цвета, легкосуглинистый, непрочнокомковатый, пронизан корнями, мощность колеблется от 4 до 7 см. Нижняя граница неровная, очертания повторяют форму горизонта [A2].
[B2]	29–38см	Светло-коричневый (есть пятно светло-желтого цвета), супесчаный, бесструктурный, встречаются корни растений. Граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, ровная.
[B3]	38–47 см	Светло-желтый, с крупными пятнами серого и серо-коричневого цвета, супесчаный, непрочно комковатый, встречаются корни. Переход в следующий горизонт выделяется по структуре, граница ровная.
[B3]	47–65 см	Желтый, есть ржавые и серые небольшие пятна, более плотный, средний суглинок, непрочной ореховато-комковатой структуры, встречаются редкие корни. Переход в следующий горизонт выделяется по плотности, граница ровная.
BC	65–85 см	Желтый, рыхлый, супесчаный, бесструктурный, с ортзандами (плотные).

Все могильные ямы имеют прямоугольную форму, в почвенном профиле нижняя граница заполнения погребений отчетливо выделяется по цвету. В качестве примера приводим описание *разреза 14–98*, погребение 23. Горизонты A2, B1, B2 — вновь сформированные горизонты в пределах могильной ямы (15–43 см), глубже 43 см — слои ниже погребения. Найдены кости, расположенные не в анатомическом порядке, много кусочков железа, серебряные изделия, медные бусины, кусочки олова.

A0	0—15 см	Перегнивающие растительные остатки: хвоя, мхи, кусочки коры, веточки.
A2	15—20 см	Светло-серый, с белесой присыпкой, с серыми пятнами, песчаный, бесструктурный, переход резкий, выделяется по цвету, граница ровная.
B1	20—25 см	Коричневато-ржавого цвета, встречаются темно-коричневые пятна, супесчаный, бесструктурный, содержит угли, переход выделяется по цвету, постепенный.
B2	25—43 см	Неоднородный по цвету, участками темно-желтый, светло-желтый, темно-серый, коричневатый, с углистыми вкраплениями и остатками перегнившего дерева, песчаный, бесструктурный, снизу резко ограничен по цвету, в нижней части этого горизонта было обнаружено большинство находок.
B3	43—53 см	Ярко-желтый, в стороны от центра погребения и книзу становится менее ярким, песчаный, бесструктурный, переход в следующий горизонт по цвету, постепенный.
B3	53—68 см	Желтый, песчаный, бесструктурный, с ортзандами, переход заметен по цвету.
[BC]	68—85 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, с ортзандами.

Разрез 10—98. Очаг раннего железного века (2500 лет назад). Расположен в пределах жилища на уровне пола.

Очаг	16—21 см	Бурый, местами светло-коричневый, напоминает торф, содержит много кальцинированных косточек, небольшие кусочки меди, керамику, угли.
Прокал	21—26 см	Прокал под очагом в плане чередуется с пятнами подзолистого горизонта погребен-

		ной почвы (языки прежнего горизонта А2). Прокал: кирпично-красного цвета, песчаный, бесструктурный, в нижней части менее яркий, светлее.
[А2]	21–26 см	Фрагменты языков. Белесый, песчаный, бесструктурный.
[В1]	26–36 см	Светло-коричневый, песчаный бесструктурный.
[В2]	36–60 см	Светло-коричневый,суглинистый, уплотненный, переход по цвету и плотности, граница неровная, слабо выражена.
[ВС]	60–75 см	Желтый, песчаный, с ортзандами.

Разрез 8–98. Средневековый очаг, вероятно, для сжигания умерших. Расположен сразу под слоем подстилки.

Очаг	6–16 см	Темно-бурый, пронизан мелкими корнями, плотный, напоминает плотно слежавшийся торф.
Подочажный слой	16–21 см	Желтый, с бурым прокрашиванием, супесчаный, непрочнокомковатый.
	21–26 см	Серовато-коричневый, неоднородный по цвету с более светлыми и коричневыми пятнами, с угольной крошкой, песчаный, бесструктурный.
[А2]	26–28 см	Белесый, с сероватым оттенком, песчаный, бесструктурный, рыхлый, переход по цвету, граница волнистая.
[В1]	28–32 см	Ржавого цвета, супесчаный, бесструктурный, переход по цвету.
[В2]	32–40 см	Светло-коричневый, супесчаный, непрочнокомковатый, переход по цвету и плотности.
[В3]	40–68 см	Темно-желтый, суглинистый, плотный, переход по цвету и плотности, на границе ржавого цвета прослойка.
[ВС]	68–80 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, встречаются ортзанды.

Городище Ендырское I (Эмдер).

В ходе археологических раскопок установлено (Зыков, Кокшаров, 2001), что люди поселились здесь в VI-VII веках. Затем, после продолжительного перерыва, они вернулись сюда в конце XI века и оставались до XVI века. На протяжении 500 лет крепость существовала непрерывно, а сооружения перестраивались и совершенствовались даже после двух сильных пожаров, уничтоживших цитадель. Разновозрастные горизонты, следы пожаров и человеческой деятельности фиксируются в строении профилей двух следующих разрезов.

Разрез 5—98. Заложен на валу городища высотой вала 2,5—3 м. Насыпь вала состоит из 9 строительных горизонтов (с.г.)

А0	0—2см	Опад, состоящий из хвоинок, листочков, еще различимых.
9-й с.г.	2—19 см	Серый, однородный по цвету, супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями растений, граница перехода к 8-му с.г. местами неотличима, а в месте отбора образцов ровная, четко выделяется по цвету.
8-й с.г.	19—31 см	Представлен горельником.
	31—46 см	Нижняя часть 8-го с.г. Коричневый, супесчаный, бесструктурный, с отдельными темными пятнами, встречаются корни, граница перехода в нижележащий горизонт выделяется по цвету, волнистая.
7-й с.г.	46—50 см	Верхний гумусовый слой 7-го с.г. Темно-серого цвета, с коричневыми пятнами и легкой белесой присыпкой, супесчаный, бесструктурный. Граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, волнистая. К центру рва данный слой расширяется до 16 см, встречаются корни.
7-й с.г.	50—87 см	Нижняя часть 7-го с.г. Коричневый, с темными пятнами, супесчаный, бесструктурный,

		встречаются корни растений, нижняя граница волнистая. Отличается от нижележащего слоя более светлой окраской и отсутствием больших темных пятен.
5-й с.г.	87—114 см	Коричневый с темными и углистыми пятнами, местами более светло-коричневый, супесчаный, бесструктурный, встречаются корни растений, переход в следующий горизонт выделяется по цвету, граница волнистая.
4-й с.г.	114—142 см	Неоднородный по окраске: основной фон темно-серый, встречаются пятна темно-коричневого и светло-серого цвета, есть прослойки с остатками рыбьей чешуи и костей (при отборе образца не брали), встречаются корни, граница перехода в следующий горизонт ровная, определяется по темной полоске 3-го с.г.
1—3-й с.г.	142—153 см	Желтый, с прослойками от углистых до светло-коричневых, со светло-коричневыми пятнышками, встречаются угли, супесчаный, граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, ровная.
[A2]	153—165 см	Белесый, почти белый, песчаный, бесструктурный, встречаются затеки темного цвета с верхнего культурного слоя, которые не собирались при отборе образца, корней нет, граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, ровная.
[B1]	165—174 см	Яркого красно-бурого цвета, супесчаный, бесструктурный, граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, постепенная.
[B2]	174—200 см	Желтый, очень плотный, супесчаный, структура непрочная призмовидная.

Разрез 21—99. Заложен в пределах городища Ендырское I. Включает строительные горизонты и две погребенные почвы: VII века — древняя почва, существовавшая до поселения людей, и XII века — почва, сформировавшаяся во время перерыва, когда городище не было заселено людьми. Верхние горизонты — разнообразные конструкции. Самый верхний 9-й с.г. соответствует концу XV—XVI вв.

А	0—6 см	Дерновый горизонт, коричневато-темно-серый, переплетен корнями, сильно перетоптан и присыпан отвалом раскопа, переход заметен по цвету и плотности.
9-й с.г.	6—20 см	Темно-серый, супесчаный, бесструктурный, содержит много корней разных размеров, граница перехода в следующий горизонт волнистая, местами неясная, в некоторых частях (на глубине 23 см (кармашек) и южнее — на глубине 20 см) углистая прослойка.
	20—59 см	Сильно перемешанный культурный слой, неоднородный по окраске. Общий преобладающий фон — серый, с углями и полуперегнившими кусками бревен, с более светлыми желтоватыми пятнами и темно-желтой прослойкой — фрагментарной в профиле. Дерево разной степени сохранности, в основном — труха. Весь горизонт (исключая дерево) супесчаный, бесструктурный. Граница перехода в следующий горизонт на разных участках — ровная, волнистая или карманная, содержит корни.
Слой конца XV —XVI вв.	59—70 см	Темно-серый, почти черный, с многочисленными углями — следы пожара, с корнями, общее заполнение — супесчаный, бесструктурный. Нижняя граница резкая, неровная, карманная, по стенке вправо (на юг) этот слой сужается до мощности 4 см.

7-й с.г. (XIV–XV вв)	70–78 см	Серый, с углями, но их значительно меньше, супесчаный, бесструктурный, переход в следующий горизонт выделяются по тонкой углистой прослойке, граница резкая, волнистая.
Закид котлована XIV век	78–86 см	Слой под углистой прослойкой. Желтовато-серый, выделяются светло-серые и желтоватые пятна-разводы разнообразной формы, с неясными границами и неправильными очертаниями, граница перехода резкая, сильно отличается по глубине — в данном случае здесь лишь небольшой клин, тогда как рядом (севернее) мощность этого горизонта составляет 42 см.
Выкид из котлована (конец XI–XII вв.)	86–92 см	Желтый, с углями, супесчаный, бесструктурный, содержит единичные корни, граница перехода резкая, выделяется по углистой прослойке, волнистая. На данном участке разреза этот слой выклинивается небольшим фрагментом.
[A2′]	92–106 см	Подзолистый горизонт погребенной почвы XII века. Неоднородный по окраске — на белесом фоне видны желтые, грязно-желтые, углистые прослойки, книзу сильно перемешан, внизу — углистая прослойка, песчаный, бесструктурный. Граница перехода резкая, карманная. Не вся указанная мощность относится к горизонту [A2], вероятно, только слой 92–95 см.
[B′]	106–130 см	Темно-желтый, книзу постепенно становится желтым, с углями, супесчаный, бесструктурный, содержит единичные корни, граница ясная, волнистая.
[A2′′]	130–141 см	Погребенная почва конца VI–VII в. Горизонт белесый, с углями, песчаный, мощность

		варьирует от 8 до 32 см с учетом языковатости горизонта. Переход ясный, граница языковатая, выделяется по цвету и плотности.
[B1//]	141–154 см	Ржавого цвета, супесчаный, распадается на мелкие непрочные орешки, переход постепенный.
[B2//]	154–174 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, с супесчаными красноватыми плотными прослойками мощностью около 7 см.

Селище Барсова гора IV/10

Разрез 7–00. 2500-летняя почва на обваловке жилища раннего железного века

A1A2	0–2 см	Серый с белесой присыпкой, переплетен корнями, песчаный неплотный.
	2–7 см	Нижняя часть горизонта A1A2, светло-серый, белесоватый, рыхлый, бесструктурный, много корней. Граница перехода размытая, волнистая.
B1	7–19 см	Грязно-желтый с темно-серыми пятнами (размером около 1 см), с углями, песчаный, бесструктурный, много корней, переход в следующий горизонт хорошо заметен, граница волнистая.
B2	19–25 см	Цвет неоднородный, темно-серый, с желтыми и серыми пятнами, содержит угли, остатки сгоревших конструкций.
[A2]	25–29 см	Белесый, рыхлый, песчаный, бесструктурный, местами мощность достигает 6 см, граница волнистая, переход размыт.
[B1]	29–41 см	Неоднородный по цвету, буровато-коричневый с более светлыми желто-коричневыми пятнами, супесчаный, бесструктурный, корней мало, переход в следующий горизонт постепенный.

[B2]	41–49 см	Желтый, песчаный, бесструктурный, граница ровная, переход постепенный.
[BC]	49–70 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный.

Разрез 8–00. Почва в пределах того же жилища (2500 лет), профиль с очагом

A1A2	0–9 см	Белесовато-серый, встречаются угли, песчаный, граница перехода волнистая, размытая.
B	9–15 см	Желтый с серыми пятнами, с углями, песчаный, бесструктурный.
Очажный слой	15–21 см	Буроватый, неоднородный по цвету, местами темнее или светлее, встречаются кальцинированные мелкие кости, найдены обломки тиглей, керамика, капли бронзы.
Подочажный слой	21–30 см	Неоднородный по окраске, желтый с белесоватыми разводами, песчаный, уплотненный.
B	30–45 см	Желтый, песчаный, бесструктурный, уплотненный, переход постепенный, выделяется по цвету.
BC	45–65 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, менее плотный по сравнению с предыдущим.

Разрез 9–00. Заложен в пределах того же жилища, в 30 см от очага (разрез 8–00), заполнение жилища соответствует слою 0–30 см.

A1A2	0–6 см	Светло-серый с белесоватым оттенком, плотный, встречаются угли, граница неровная, выделяется по цвету, переход размыт.
A2B1	6–16 см	Светло-желтый, с углями, песчаный, менее плотный, чем предыдущий, переход постепенный, по цвету.
B1	16–21 см	По глубине соответствует очажному слою разреза 8–00, темно-желтый, песчаный.

B2	21–30 см	Соответствует подочажному слою разреза 8–00, цвет соответствует предыдущему горизонту, местами светлее, песчаный.
B2	30–45 см	Желтый, неплотный, переход постепенный, выделяется по цвету.
BC	45–73 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный.

Разрез 11–00. Средневековая насыпь.

A0	0–1 см	Подстилка стоптана, присыпана песком (хвоя, мхи, лишайники), не отбиралась.
A1A2	1–4 см	Белесовато-светло-серый, с угольками, граница перехода неясная.
B1	4–15 см	Темно-желтый, с угольками, нижняя часть желтая, возможно, из-за неоднородности насыпи, много корней, супесчаный, бесструктурный, переход ясный.
B2	15–32 см	Светло-желтый (нижняя часть 0,5 см темно-желтая из-за изначальной неоднородности насыпи), с корнями, супесчаный, бесструктурный, переход резкий.
B3	32–34 см	Слой углей, прослеживается по всему профилю и по другим стенкам раскопа на большой площади — следы крупного пожара, переход резкий, граница ровная.
[A2]	34–47 см	Белесый, почти белый, рыхлый, песчаный, бесструктурный. Язык до глубины 57 см. Переход отчетливо выделяется по цвету, плотности, граница на участках без языка волнистая.
[B1]	47–56 см	Цвета ржавчины, супесчаный, более плотный, чем [A2], бесструктурный, переход неясный, выделяется по цвету.
[B2]	56–76 см	Темно-желтый, супесчаный, бесструктурный, с корнями, встречается галька, переход постепенный.

[BC]	76–95 см	Желтый, песчаный, бесструктурный, корней мало, ниже следует слой с ортзандами.

Разрез 15–00. Заложен в 30 см от границы жилища №2, за его пределами, датировка в промежутке 400–700 лет назад.

A1A2	0–4 см	Светло-серый, белесоватый, много корней, рыхлый, песчаный, бесструктурный, переход в следующий горизонт неясный, граница выделяется по цвету
B1	4–12 см	Неоднороден по цвету: желтый с сероватыми мелкими (3–5 мм) пятнами, более плотный, песчаный, бесструктурный, переход резкий, нижняя граница выделена по углистой прослойке. 12–15 см — слой с углями, черный.
[A2]	15–24 см,	Белесый, почти белый, песчаный, бесструктурный, переход к нижележащему горизонту неясный.
[B1]	24–34 см	Неоднороден по цвету: основной фон желтый, с желтовато-бурыми «разводами», местами ярко-желтый, со светлыми пятнами, переход постепенный, выделяется по цвету.
[B2]	34–58 см	Желтый, более однородный по окраске, песчаный, бесструктурный, переход постепенный, выделяется по цвету и плотности.
[BC]	58–82 см	Светло-желтый с зеленоватым оттенком, плотный, ниже 68 см с ортзандовыми полосками.

Разрез 16–00. Заложен в пределах жилища №2 (400–700 лет), на расстоянии 35 см от его границы, слабое понижение поверхности по сравнению с предыдущим разрезом.

A1A2	0–5 см	Белесовато-серый, много корней, песчаный, бесструктурный, переход неясный.

Заполнение жилища	5—13 см	Желтый, с серыми пятнами, песчаный, бес структурный, переход постепенный, выделяется по цвету и плотности.
	13—22 см	Более светлый, желтый с серыми пятнами, плотный, супесчаный, бесструктурный, граница выделена по темному слою с угольками.
	22—29 см	Желтовато-серый темный слой, песчаный, менее плотный, бесструктурный, переход неясный, размытый.
	29—44 см	Неоднородный по окраске: основной фон серовато-желтый с желтыми и светло-серыми пятнами, содержит угольки, песчаный, бесструктурный, граница перехода отчетливо выделяется по цвету и плотности.
Пол жилища	44—53 см	Темно-серый, почти черный, в середине тонкая серо-желтая прослойка (1—2 см), плотный.
ВС	53—65 см	Желтый, рыхлый, песчаный, с галькой, по уровню соответствует слою 58—82 см разреза 15—00.

Разрез 17—00. Заложен в пределах того же жилища, ближе к его центру, в 50 см от разреза 16—00.

А1А2	0—6 см	Светло-серый, белесоватый, плотный, супесчаный, бесструктурный, переход в следующий горизонт постепенный, выделяется по цвету.
Заполнение жилища	6—15 см	Желто-серый, супесчаный, бесструктурный, уплотнен, переход размыт, граница неясная.
	15—43 см	Неоднородный по цвету, в виде серых, желтых и светло-серых пятен, с угольками, уплотнен.
Пол жилища	43—49 см	Темно-серый, почти черный, плотный, пе реход резкий, граница ровная.

BC	49—60 см	Желтый, рыхлый, с галькой, песчаный, бесструктурный.

Разрез 18—00. Заложен в центре впадины того же жилища (700—400 лет), в 75 см от разреза 17—00.

	0—5 см	Вероятно, накид от строительства ЛЭП в 1980 году (20 лет назад). Серый, плотный, супесчаный, бесструктурный с мелкими корнями, переход заметен по цвету и плотности. Мощность слоя в направлении разреза 17—00 постепенно убывает, в 40 см от разреза 18—00 исчезает совсем.
A1	5—10 см	Темно-серый, со светлыми белыми песчинками, больше более крупных корней (диаметром 0,2—1,0 см), уплотнен, но более рыхлый, чем предыдущий слой, песчаный, бесструктурный, переход ясный, заметен по цвету и плотности, граница ровная.
A1A2	10—14 см	Белесовато-светло-серый, с угольками, более рыхлый, вверху с темными серыми затеками, песчаный, бесструктурный, переход ясный, граница ровная.
B1	14—19 см	Грязно-желтый, с углями и темными пятнам, песчаный, бесструктурный, плотный, переход резкий, отчетливо виден по цвету, граница неровная, извилистая.
Пол жилища	19—29 см	Темно-серый, черный, песчаный, плотный, переход резкий, выделяется по цвету и плотности, граница неровная.
BC	29—46 см	Желтый, рыхлый, песчаный, бесструктурный, располагается на уровне горизонта 57—74 см разреза 14.

Разрез 19—00. Профиль с очагом в пределах того же жилища, 91 см от разреза 18—00.

	0—8 см	Накид от строительства ЛЭП, неоднородный по окраске, в виде серых и желтых пятен, плотный, супесчаный.
А1	8—14 см	Темно-серый, много корней, песчаный, бесструктурный, постепенно становится более светлым, подразделен по мощности на две части.
	14—20 см	Темно-серый, с буроватым оттенком, много корней, песчаный, бесструктурный, более плотный, переход размыт, граница неровная.
Заполнение жилища	20—31 см	Желтый, много корней, песчаный, бесструктурный, с галькой, граница ровная, отчетливая.
Очаг	31—40 см	Бурый, уплотнен, много мелких корней, встречаются угольки, мелкие кальцинированные косточки. По глубине соответствует полу жилища.
Подочажный слой с прокалом	40—54 см	Неоднородный по окраске, коричневый с ярко-красными пятнами, содержит угли, мелкие кальцинированные косточки, песчаный, бесструктурный, ширина в профиле 60 см.
	54—67 см	Очень пестрый, в виде ярко-красных, коричневых, желтых и белесых пятен, переход отчетливый, по цвету.
ВС	67—80 см	Желтый, песчаный, бесструктурный, рыхлый.

Приведенные выше описания почв указывают на морфологические особенности КС: пестроцветность с неоднородной окраской горизонтов, наличие пятен, прослоек разных размеров и разнообразной формы, которые отличаются от вмещающей толщи по цвету, плотности, структуре и не характерны для естественных ненарушенных почв. В целом КС отличаются более высокой плотностью.

Очень часто почвы древних поселений содержат уголь. Конечно, уголь появляется в почвах и вследствие естественных лес-

ных пожаров. И тем не менее наличие сгоревших деревянных конструкций и углей очагов, которые сохраняются в почвах длительное время, отличает почвы культурных слоев от зональных.

«Разнится от природного чернозема тем, что в населенном месте примешаны разные обломки от дел рук человеческих» (Ломоносов, «О слоях земных»). На языке почвоведения эти «обломки» носят название включений, т.е. образований, находящихся в почвенной толще, возникновение которых прямо не связано с почвообразованием. Как известно, выделяют включения литоморфы, биоморфы, антропоморфы. С этой точки зрения большинство археологических находок относится к антропоморфам (изделия и их фрагменты), а также к биоморфам (кости человека и животных). Плотность встречаемости и их распределение на территории памятника являются предметом рассмотрения археологов.

Морфологические признаки почв, как правило, используются для выделения горизонтальных и вертикальных границ различных объектов и выявления их внутренних особенностей.

Почвы археологических памятников характеризуются изменением химического состава, что связано, во-первых, с неизбежным поступлением в почвы органического материала — пищевых отбросов, остатков деревянных сооружений, деревянных и кожаных изделий, экскрементов, недогоревшего топлива, а во-вторых, с поступлением минеральных веществ — отходов строительства, изготовления орудий труда, золы от очагов, остатков каких-либо предметов. С развитием человеческого общества изменяются и используемые материалы. Так, первоначально человек применял природные материалы: дерево, камень. Увеличение содержания каменных изделий, их обломков, отщепов практически не сказывается на химическом составе вмещающих горизонтов. Затем, освоив производство медных и железных предметов, человек стал целенаправленно извлекать определенные соединения из почв и пород, концентрировать их (при выплавке), переносить в другие места и регионы. Почвы стали обогащаться соединениями меди, железа и их геохимическими спутниками.

Таким образом, геохимическая обстановка почв находится в определенной зависимости от уровня развития человеческого общества, что могло бы быть подтверждено результатами валового анализа почв в пределах поселений, но подобная работа нами не проводилась.

Повышенная концентрация органического углерода в пределах средневекового жилища (Барсова гора IV/10, жилище №2, возраст в пределах 700–400 лет) совпадает с морфологически выделенными границами жилища (рис. 5.1). Высокое содержание углерода в верхних слоях соответствует накоплению органических веществ в подстилках и в горизонтах A1A2. В разрезах 18–00 и 19–00 верхние слои (5 и 8 см), возможно, представляют собой слой накида, образовавшегося при строительстве ЛЭП рядом с жилищем 20 лет назад. Однако следует заметить, что в целом содержание органического углерода невысокое даже в очень темном, почти черном по цвету слое, соответствующем полу жилища (0,28–1,94% C). Черный цвет данного слоя обусловлен присутствием угля, а не значительным количеством гумусовых веществ.

Почвы памятников отличаются от фоновых меньшей кислотностью. Так, в минеральном профиле фоновой почвы Барсовой горы значения pH_{KCl} изменяются в пределах 3,67–4,46, в пределах 2500-летнего жилища (разрезы 8–00, 9–00) значения колеблются от 3,98 до 4,80, а за его пределами — от 4,64 до 5,90. В почвах на месте средневекового жилища (400–600 лет, разрезы 16–00, 17–00, 18–00, 19–00) величина pH_{KCl} изменяется в пределах 4,29–5,32, рядом с жилищем — 4,22–5,12. Аналогично для 2500-летнего жилища в пределах могильника Ендырского I: в пределах жилища pH_{H20} изменяется от 3,86 до 5,26, pH_{KCl} — от 2,96 до 4,17, в фоновой почве указанные параметры на соответствующей глубине имеют значения 3,79–4,47 и 2,94–3,84. Следовательно, почвы, расположенные в пределах жилищ и рядом с жилищами в целом являются менее кислыми, однако значения pH для большинства почвенных образцов близки к фоновым величинам.

Содержание обменного калия соответствует значениям в фоновых почвах: в пределах 2500-летнего жилища Барсовой горы

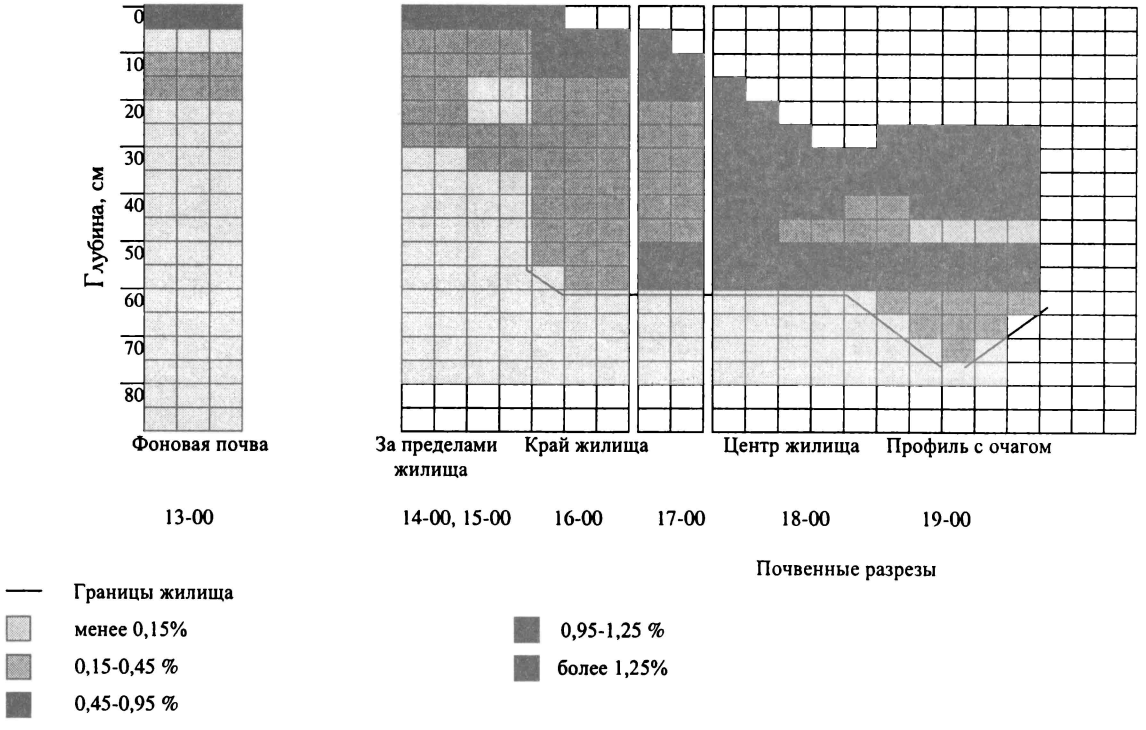


Рис. 5.1. Содержание органического углерода (Сорг) в почвенных слоях средневекового жилища (400-700 лет) и в фоновой почве.

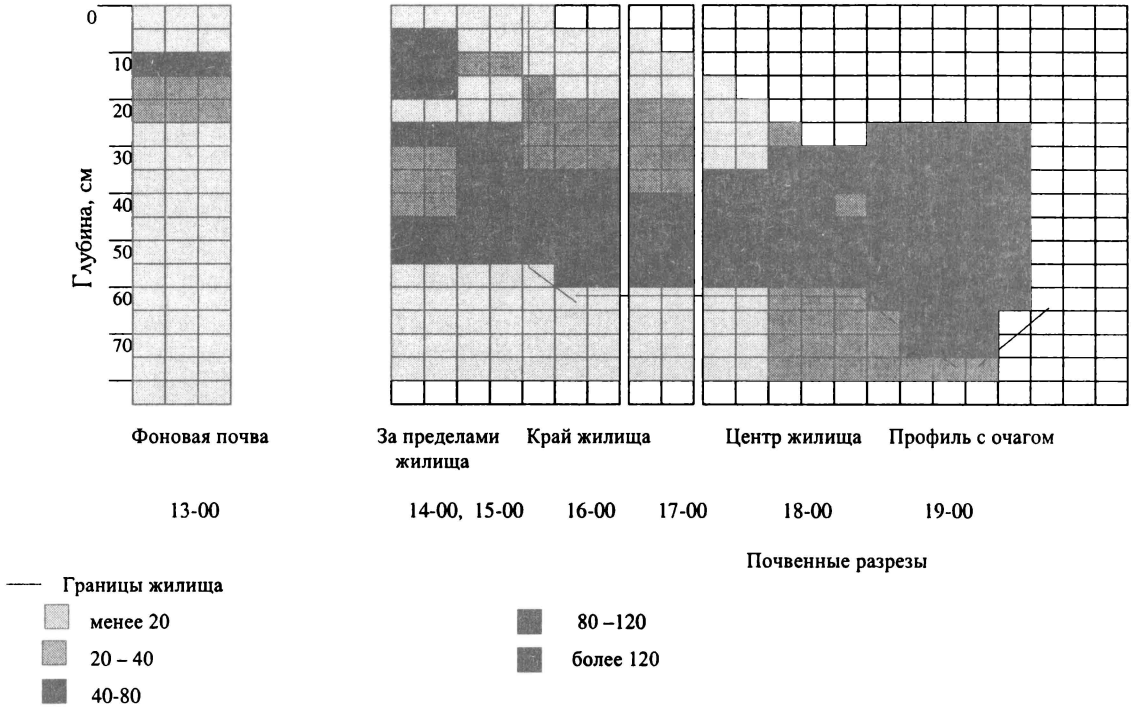


Рис. 5.2. Содержание подвижных фосфатов (мг P2O5/100г почвы) в почвенных слоях средневекового жилища (400-700 лет) и в фоновой почве.

— 2,57—9,16 мг K_2O/100г почвы, за его пределами — 2,57—6,60 мг/100г, в пределах средневекового жилища 2,28—9,67 мг/100г, за его пределами — 3,34—7,34 мг/100г, в фоновой почве — 2,67—9,67 мг/100г почвы. Исключение составляет содержание калия в очажных слоях (см. ниже) и в подочажном слое — 16,70 мг K_2O /100г.

Замечено, что вне зависимости от исторической эпохи и природной зоны почвы древних поселений, как правило, характеризуются повышенным содержанием фосфатов. Фосфор — элемент, который почти всегда остается в почвах после пребывания человека. На рис.5.2. представлен профиль того же жилища, что на рис.5.1. Повышенное количество фосфора наблюдается не только в пределах жилища но и рядом с ним. Превышение концентрации подвижных фосфатов в отдельных почвенных образцах внутри жилища по сравнению с концентрацией в фоновой почве на той же глубине достигает 10 раз, для подочажного слоя — 55 раз, для очажного слоя — 100 раз.

Высокие концентрации сохраняются и в почвенных слоях более раннего возраста. Так,. в пределах жилищ более раннего времени (эпоха раннего железного века, 2500 лет назад, разрезы 7,8,9—00) трансформация свойств почв морфологически менее выражена, чем в рассмотренном ранее средневековом жилище, и мы наблюдаем сформировавшиеся элювиальные и иллювиальные горизонты и соответствующий тип распределения химических элементов в профиле. Но по содержанию некоторых химических элементов почвы заметно отличаются от фоновых. В пределах жилища фиксируется повышенное содержание фосфатов (рис. 5.3) по сравнению с фоновым. Концентрация фосфатов достигает 40—90 мг P_2O_5/100г почвы, тогда как на фоновых участках лишь в одном образце она превышает 25 мг/100г почвы — в иллювиальном горизонте составляет 91,84. Поскольку район расположения памятников посещается людьми, возможно, на поверхность фоновой почвы попали фосфорсодержащие соединения, которые в результате почвенных процессов вымывались из верхних почвенных слоев и накопились в горизонте В1.

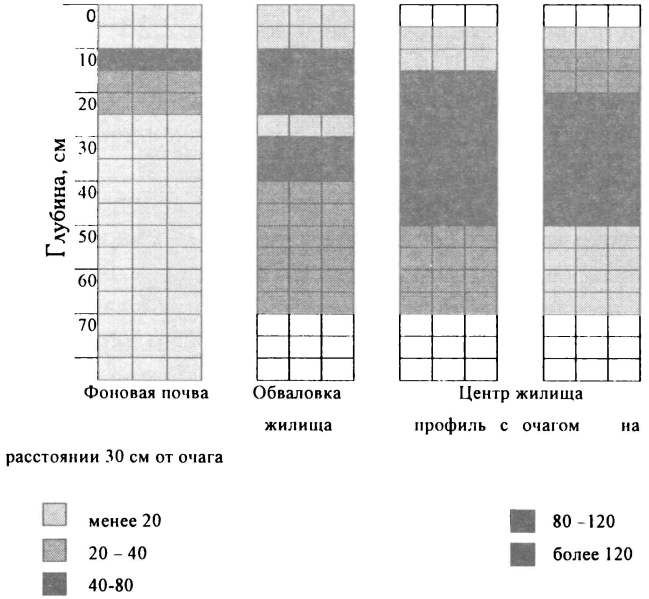


Рис. 5.3. Содержание подвижных фосфатов (мг P_2O_5/100г почвы) в фоновой почве и жилище раннего железного века (2500 лет).

Таким образом, в пределах 2500-летнего жилища в почвах наряду с проявлением процесса формирования подзолистых почв, сохраняется повышенное содержание фосфатов.

О содержании фосфатов в археологических слоях и их использовании для выявления границ археологических объектов имеется много данных (Bakkevig, 1981; Keeley, 1981; McCawley, McKerrell, 1971–2; Buck, Canavagh, 1992; Walker, 1992). Обсуждаются возможности использования информации о содержании фосфора для археологии, методология работ, источники, формы и механизмы закрепления и удержания фосфатов в почвах.

Вообще проблема фосфора в окружающей среде представляет повышенный интерес. В настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека резко нарушена картина распределения и

миграции фосфора в биосфере. Суммарное поступление фосфора из всех источников загрязнения оценивается в $12{,}15 \times 10^6$ т/год (Добровольский, 1998). Процесс фосфатизации проявляется неравномерно: содержание фосфора увеличено в окружающей среде больших индустриальных центров и городов, в районах применения фосфатных удобрений. Применение удобрений резко нарушает сложившееся равновесие между органическими и минеральными формами фосфора в почвах (Кудеярова, 1988). В этой связи интересно было бы рассмотреть соотношение форм фосфора на участках памятников с повышенным привнесением его в почвы и изменение этого соотношения во времени, но подобная работа нами не проводилась.

По химическому составу в пределах памятников особенно сильно различаются очажные слои (рис. 5.4). В очажных слоях по сравнению с фоновыми почвами понижена кислотность, повышено содержание обменного калия, особенно резко повышена концентрация подвижных фосфатов (разрезы 10—98, 8—00, 8—98, 19—00 по порядку указанных на рис. 5.4 возрастов). Превышение концентрации фосфатов в более ранних очагах (2500 лет, разрезы 8—00 и 10—98) над фоновым значением составляет 4,7 и 3,5 раза, в одном из средневековых (400 лет) очагов, в котором сжигали труп(ы) на территории могильника, — 4,5 раз, но последний не имеет хорошо выраженного прокала, и поэтому мы полагаем, что он использовался мало. Очаг со 100-кратным превышением фосфатов (рис. 5.3, в пределах жилища 700—400 лет) отличается большими размерами по площади и в глубину и, по-видимому, интенсивно использовался. Особенно выделяются по высокому содержанию обменного калия 400-летние очаги: превышение фонового значения в разрезах 8—00 и 10—98 составляет 2,32 и 3,41 раза соответственно, тогда как в 2500-летнем очаге разреза 10—98 разница существенно меньше (1,50 раза). Очажные слои характеризуются и более высокими значениями обменных оснований (23,50 и 49,19 мг.экв/100г почвы в 2500-летнем разрезе 10—98 и 400-летнем разрезе 8—98 очагах при фоновых значениях 1,91 и 3,04 мг.экв/100г соответственно). Подобные изменения химического состава связаны с накоплением минеральных соединений, сохраняющихся в очагах после сжигания каких-либо материалов.

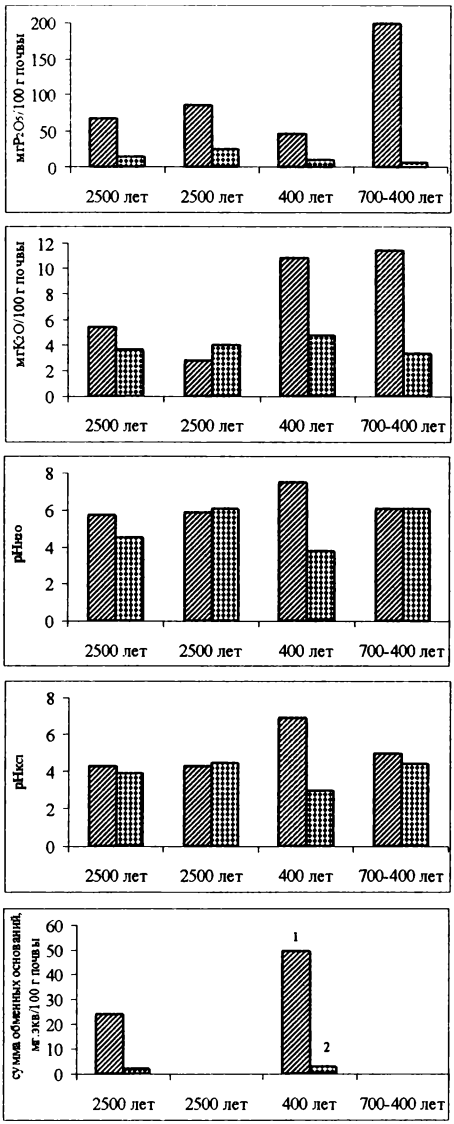


Рис. 5.4. Химический состав очажных слоев разного возраста (1) по сравнению с фоновыми почвами (2).

Однако встречаются и исключения. Так, в 2500-летнем очаге (разрез 8—00) в пределах жилища кислотность выше фоновой, а содержание обменного калия ниже, чем в фоновой почве. В другом разрезе значения кислотности соответствуют фоновым показателям на соответствующих глубинах (разрез 19—00, 700—400 лет для pH_{H20}).

В результате того, что химический состав очажных слоев зависит от длительности использования, количества и качества сжигаемого материала, наблюдаются значительные колебания химического состава очагов даже одного возраста, степень их отличия от фоновых почв также сильно варьирует (от 3,5 до 100 раз). По этой же причине трудно судить об изменении химического состава очагов, и в целом культурных слоев, во времени.

Изменение культурных слоев во времени.

Оказавшись на поверхности или погруженным в почвенный профиль или осадочную породу, КС под воздействием природных процессов преобразуется — утрачивает одни признаки и приобретает новые. На самом деле при изучении почв мы имеем дело с метаморфизированными КС, измененными под влиянием водного и солевого режимов, почвообразовательных процессов (также связанных с водным режимом), мерзлотных процессов, деятельности роющих животных и других факторов.

Главными факторами, преобразующими КС памятников среднетаежной зоны, являются следующие природные условия: кислая реакция почвенных растворов благоприятствует растворению оснований, в том числе костей, и переводу минеральных соединений в мобильное состояние; промывной тип водного режима способствует миграции элементов в более глубокие горизонты или за пределы почвенного профиля; легкий механический состав пород в периоды отсутствия избыточного увлажнения обусловливает хорошую аэрацию почвенных слоев, создающую окислительные условия. С легким составом пород и почв связаны низкая удельная поверхность и низкая способность удерживать различные вещества на поверхности почвенных частиц. Таким образом, указанные природные условия местности способствуют быстрому разложению различных ве-

ществ, оставшихся после пребывания человека, переводу их в мобильное состояние и передвижению растворенных соединений в более глубокие слои. Эти факторы позволяют предвидеть плохую сохранность археологического материала и быстрое приближение химического состава почв к составу фоновых.

Действительно, данное явление имеет место. Одним из видов антропогенного нарушения считается сооружение могильников. В некоторых погребениях могильника Ендырского I присутствуют костные остатки слабой сохранности. В целом почвы могильника незначительно отличаются от фоновых по химическим показателям: не зафиксировано изменения кислотности, содержания оснований, органического вещества. Плохая сохранность может быть связана как с кислой средой (pH_{KCl} в изучаемых почвах погребений составляет 2,95—4,49, в фоновой почве — 2,94—3,98) и влиянием других перечисленных природных факторов региона, так и с обычаями погребального обряда. Некоторые погребения неглубокие (до 16—24 см) и не всегда трупы засыпали песком, поэтому, возможно они были унесены хищниками.

В целом можно заключить, что почвы археологических памятников — это особые антропогенно измененные почвы, результат захоронения, консервации следов деятельности древнего человека и одновременно действия природных факторов. Безусловно, характер жизнедеятельности людей, обычаи, длительность пребывания на определенном месте влияют на количество вносимых в почвы органических и минеральных соединений, а значит, на степень отличия почв памятников от ненарушенных фоновых почв.

Как фосфор, так и другие элементы распределены в почвах археологических ландшафтов крайне неравномерно. Наибольшие концентрации приурочены к очагам, мусорным ямам, жилищам. Таким образом, наблюдается значительная вариабельность химического состава почв в пределах одного объекта. В пределах памятника можно найти и относительно «чистые» участки, и наиболее «загрязненные».

ГЛАВА 6. РАЗВИТИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

6.1. МОРФОЛОГИЯ ПОЧВ

Как было показано выше, несмотря на антропогенное воздействие, восстановление почвенного покрова идет по зональному типу. Но для выявления влияния природных факторов и изучения закономерностей и скорости формирования почвенных профилей мы использовали лишь «чистые» участки на датированных насыпях (оборонительные валы, укрепления и подсыпки стен жилищ, выкиды из могильных ям), где вмешательство человека проявлялось лишь в их сооружении и в дальнейшем они существенно не изменялись.

Специфика биоклиматических условий средней тайги приводит к формированию в автоморфных условиях подзолистых почв с морфологическим профилем, отчетливо дифференцированным на генетические горизонты. Приводим описание фоновых почв в районах исследования.

Разрез 3–97. Заложен под сосняком бруснично-лишайниково-моховым, в 200 м от поселения Ендырского VIII.

A01	0–1 см	Неразложившийся опад прошлого года, состоит из хвои, кусочков коры, веточек, шишек.
A02	1–5 см	Полуразложившиеся растительные остатки.
A0A1	5–6 см	Разложившаяся часть подстилки, темно-серого цвета, перемешана с минеральными частицами.
A2	6–12 см	Белесый, песчаный, рыхлый, бесструктурный, много корней. Переход в следующий горизонт по цвету, плотности, резкий, граница волнистая. Мощность горизонта варьирует от 5 до 9 см.
B1	12–16 см	Ржавого цвета, супесчаный, более плотный, бесструктурный, пронизан корнями растений, переход в следующий горизонт неясный, гра-

		ница размыта. Отличается от нижележащего горизонта более насыщенной окраской.
B2	16—47 см	Желтый, супесчаный, бесструктурный, встречаются мелкие корни, местами чуть более светлые пятна.
B3	47—84 см	Желтый, отличается от вышележащего большим количеством светлых пятен, более мелких размеров, чем в B2. Супесчаный, структура непрочная призмовидная; граница перехода в следующий горизонт размытая, выделяется по цвету.
BC	ниже 84см	Более светлый горизонт, желтоватый (по цвету светлее, чем пятна в горизонтах B2 и B3), супесчаный, бесструктурный, однородный по цвету.

Разрез 3—98. Заложен в 15 метрах от Ендырского могильника I, древостой с преобладанием ели, в напочвенном покрове доминируют зеленые мхи.

A01	0—2 см	Опад прошлого года, состоит из хвои, веточек, кусочков коры, шишек.
A02	2—5 см	Полуразложившаяся часть подстилки, хорошо различимы отдельные части растений, главным образом мхов и хвои.
A03	5—8 см	Наиболее разложившаяся часть подстилки, много корней.
A2	8—13 см	Светло-серый, белесоватый, супесчаный, бесструктурный, содержит много корней растений, граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, резкая, волнистая.
B1	13—23 см	Яркий красно-бурый, с рыжеватым оттенком, легкосуглинистый, бесструктурный, много корней растений, граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, волнистая.

B2	23–39 см	Темно-желтый, легкосуглинистый, непрочно-комковатой структуры, встречаются корни растений. Переход ясный, нижняя граница ровная, выделяется по цвету и структуре.
B3	39–50 см	Желтый, встречаются рыжие пятна, легкий суглинок, непрочнокомковатый, встречаются корни растений. Переход ясный, нижняя граница волнистая, выделяется по цвету.
B3	50–65 см	Темно-желтый, встречаются светлые и ржавые пятна, легкосуглинистый, непрочнокомковатый. Есть круглое, светло-серое (сизоватое) пятно. Переход в следующий горизонт выделяется по структуре, нижняя граница с затеками, неровная.
B3	65–84 см	Светло-желтый, с зеленовато-голубоватыми пятнами, легкий суглинок, непрочнокомковатый, с ортзандами, встречаются редкие корни растений. Переход в следующий горизонт выделяется по структуре, граница неровная.
BC	84–100см	Неоднороден по цвету: светло-желтый с ортзандами, песчаный, бесструктурный, плотный.

Разрез 13–94. Заложен под сосняком бруснично-мохово-лишайниковым на ненарушенной территории Барсовой горы.

A0	0–3 см	Подстилка, состоит из опада и полуразложившихся хвои, кусочков коры, веточек, шишек, отмерших частей лишайников.
A1A2	3–4 см	Серый, рыхлый, влажный, с мелкими корнями, бесструктурный, граница перехода резкая, по цвету.
A2	4–10 см	Белесый или светло-серый, песчаный, бесструктурный, влажный, с корнями древесных растений. Переход в следующий горизонт по цвету, резкий, граница ровная.

B1	10—23 см	Темно-желтый, супесчаный, бесструктурный, влажный, редкие мелкие корни, граница перехода в следующий горизонт постепенная, малозаметная, неровная.
B2	23—41 см	Желтый, светлее вышележащего, супесчаный, бесструктурный, влажный.

Разрез 22—94. Заложен под сосняком мохово-лишайниковым, на ненарушенной территории за пределами городища XIV в. на Барсовой горе.

A0	0—2 см	Подстилка, состоит из опада и полуразложившихся хвои, мхов, лишайников.
A2	2—4 см	Белесый или светло-серый, бесструктурный, много мелких корней, граница перехода четкая, неровная, мелкоязыковатая.
B1	4—11 см	Ярко-желтый, супесчаный, бесструктурный, свежий, с корнями древесных растений. Граница перехода в следующий горизонт по цвету, нечеткая.
B2	11—17 см	Светлее вышележащего, желтый, супесчаный, бесструктурный, влажный, с мелкими корнями, переход постепенный.
B3	17—39 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, влажный, переход постепенный.
BC	39—50 см	Светло-желтый, песчаный, бесструктурный, уплотненный.

Описанные фоновые подзолистые почвы имеют сходные признаки. На поверхности почвы располагается слой лесной подстилки мощностью от 2 до 8 см, состоящий главным образом из опада хвойных деревьев и отмерших частей мхов и лишайников. В зависимости от степени разложения органических остатков в некоторых разрезах с более мощной (6—8 см) подстилкой мы подразделяли их на отдельные подгоризонты. Гумусовый горизонт в описанных почвах отсутствует, но в разрезе 3—97 выделен переходный грубогумусный горизонт темного цвета A0A1 мощ-

ностью 1 см, а в разрезе 13—94 — горизонт А1А2 серого цвета толщиной 1см. Ниже залегает подзолистый (элювиальный) горизонт А2 с мощностями от 2 до 6 см. Нижняя граница отчетливо выделяется по цвету и плотности. Мощность горизонта вмывания (иллювиального) составляет 6—13 см, он имеет яркую красно-бурую (ржавого цвета) окраску, более плотный, переходит в следующий горизонт В2 с уменьшением интенсивности окраски. Нижележащий горизонт В3 еще более светлый, желтый, постепенно переходит в почвообразующую породу.

По данным разных авторов (Долгова, Гаврилова, 1971; Гаврилова, Долгова, 1972; Караваева, 1973; Добровольский и др., 1981; Сазонов, 1978; Копосов, 1976; Морозов и др., 1961; Гаджиев, Овчинников, 1977; Гаджиев, 1976; Овчинников, 1972, 1979; Фирсова, Павлов, 1970) в подзоне средней тайги Западной Сибири в профиле подзолистых почв под сосняками на легких почвообразующих породах мощность горизонта А2 значительно различается и по крайним величинам колеблется от 3 до 35 см (максимальные значения измерены с учетом языковатости подзолистого горизонта, в редких случаях языки достигают глубин 65 см), тогда как очень часто встречаются величины порядка 5—15 см. Мощность подзолистых горизонтов рассматриваемых нами почв меньше, чем средняя по литературным данным, но тем не менее входит в указанные пределы колебаний, меньше — в разрезе 22—94. Описанные фоновые почвы разрезов 3—97, 13—94, 22—94 можем рассматривать как типичные подзолистые почвы на легких породах.

Почвы ельников формируются на более тяжелых по механическому составу породах — на легких суглинках, в то время как в сосняках почвообразование протекает на супесчаных породах. Более тяжелые породы способны удерживать больше питательных элементов и влаги и тем самым обеспечивают произрастание более требовательных к условиям древесных пород — ели, кедра, пихты. На более легких и более бедных породах произрастают сосновые леса. По литературным данным почвы на тяжелых породах существенно отличаются. На наиболее дренированных местоположениях суглинисто-глинистых водоразделов развиваются

подзолисто-глеевые почвы. Оглеение проявляется в виде сизых и ржавых пятен, железистых и железисто-марганцевых конкреций. Степень проявления зависит от местных условий. В разрезе 3–98 суглинистой является средняя часть профиля, горизонт А2 имеет супесчаный состав, а на глубине ниже 84 см залегает песчаная толща. На глубине 39–84 см заметно проявление глеевого процесса. Различия в механическом составе не повлияли на направление почвообразования. В обоих случаях сформированы подзолистые почвы, с одинаковым набором генетических горизонтов и близкими их мощностями.

На изучаемых памятниках также формируются почвы с морфологическим обликом подзолистых почв, о чем свидетельствуют приведенные морфологические описания.

Ендырские памятники

Разрез 1–97. Заложен на обваловке жилищной впадины возрастом 5000 лет под сосняком мохово-лишайниковым.

А01	0 -5 см	Неразложившийся опад прошлого года.
А02	4–5 см	Полуразложившаяся хвоя, мелкие кусочки коры, веточки, мхи и лишайники, много корней.
А2	5–11 см	Светлый, белесый, песчаный, рыхлый, бесструктурный, встречаются корни растений. Нижняя граница выделяется по цвету, ясная, волнистая.
В1	11–15 см	Горизонт темного красно-бурого цвета, песчаный, бесструктурный. Граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, неровная.
В2	15–55 см	Более светлый, чем предыдущий, но такого же оттенка, с вкраплениями углей и крупными корнями растений, песчаный. Ниже располагается подзолистый горизонт погребенной почвы, переход резкий.

Разрез 7—97. Заложен на обваловке жилищной впадины возрастом 2500 лет под сосняком бруснично-мохово-лишайниковым.

А01	0—2 см	Опад прошлого года.
А02	2—4 см	Полуразложившийся опад, лишайники, мхи.
А03	4—5 см	Наиболее перегнившая часть подстилки.
А2	5—14 см	Белесый горизонт, пронизан корнями растений, песчаный, рыхлый, бесструктурный. Граница перехода в следующий горизонт ясная по цвету, ровная.
В1	14—15 см	Узкая полоска ржавого цвета, пронизана корнями, песчаная, бесструктурная. Нижняя граница выделяется по цвету, постепенная.
В2	15—21 см	Светло-желтого цвета, песчаный, бесструктурный, с корнями растений. Граница перехода по цвету, ясная.

Глубже 21 см следует погребенная почва с горизонтами А2 21—40 см, (с языками до глубины 50 см), В1 50—55 см, В2 55—80 см, В3 80—100 см, С глубже 100 см.

Разрез 6—97. 2700-летняя почва на оборонительном валу городища в сосняке бруснично-лишайниково-моховом.

А01	0—3 см	Опад, состоящий, главным образом, из хвои кедра, листьев, веточек, кусочков коры.
А02	3—9 см	Полуразложившийся опад.
А03	9—10 см	Разложившийся опад, отдельные части растений не различимы.
А2	10—12 см	Белесый, песчаный, бесструктурный, пронизан корнями растений. Граница перехода в горизонт B_1 по цвету, резкая.
В1	12—18 см	Ржавого цвета, бесструктурный, супесчаный, пронизан корнями. Граница перехода в следующий горизонт постепенная, по цвету, ровная.

B2	18—76 см	Светло-коричневый, песчаный, бесструктурный. Встречаются углистые и рыжие пятна. Граница перехода к погребенной почве ровная, хорошо отличается по цвету. Горизонт отделен от горизонта A_2 погребенной почвы узкой черной углистой полосой (предположительно бревенчатое сооружение).
[A2]	76—100 см	Подзолистый горизонт погребенной почвы. Ниже 100 см желтый песок с многочисленными ржавыми и темно-желтыми прослойками.

Разрез 5—97. 1500-летняя почва на оборонительном валу городища, в сосновом бруснично-лишайниково-моховом лесу.

A01	0—1 см	Опад прошлого года, состоит преимущественно из хвои кедра, сосны и других хвойных деревьев, листьев березы, кусочков коры, веточек, шишек, отмерших частей мхов и лишайников.
A02	1—5 см	Полуразложившийся опад.
A03	5—7 см	Нижняя часть подстилки, наиболее хорошо перегнившая, отдельные части растений не различимы. Подстилка хорошо отделяется слоем от нижеследующего подзолистого горизонта.
A2	7—14 см	Белесый, сероватый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, пронизан корнями. Переход в следующий горизонт по цвету, ясный.
B1	12—17 см	Ржавого цвета, супесчаный, бесструктурный; пронизан корнями, в некоторых местах малой мощности (до 2 см). Граница перехода в следующий горизонт размытая, с затеками.
B2	17—28 см	Светло-желтого цвета, супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями растений.

		Граница перехода в следующий горизонт выделяется по цвету, неясная.
B3	28—44 см	Темно-желтый, легкосуглинистый, бесструктурный, встречаются мелкие вкрапления светло-желтого цвета, сухой, многочисленные корни растений. Граница перехода в следующий горизонт неясная, выделяется по цвету, постепенная.
	44—73 см	Светло-коричневый, легкосуглинистый, бесструктурный, влажный, встречаются мелкие корешки. Переход в погребенную почву по цвету, граница неровная, резкая, на разной глубине встречаются мелкие светлые «линзы» (скорее всего, от забутовок).
[A2]	73—83 см	На глубине 73 см начинается погребенная почва — на уровне поперечного бревна (когда-то были клети); в других местах на стенках остатки забутовки.
[B1]	83—90 см	Иллювиальный горизонт погребенной почвы.

Разрез 2—98. 400-летняя почва на выкиде из могильной ямы Ендырского могильника I, в лесу с преобладанием ели в верхнем ярусе и зеленых мхов в напочвенном покрове.

A01	0—2 см	Опад прошлого года, состоит из хвои, веточек, листочков.
A02	2—5 см	Полуразложившаяся часть подстилки, рыхлая, в основном состоящая из мха, пронизана корнями растений (брусника).
A03	5—8см	Наиболее разложившаяся часть подстилки, пронизана корнями.
A1A2	8—13 см	Желтоватый с белесой присыпкой, рыхлый, супесчаный, бесструктурный, много корней. Мощность колеблется от 3 до 5 см.
B1	13—25 см	Темно-желтый, неоднородный по цвету, встречаются более светлые и более тем-

		ные рыжеватые пятна, легкосуглинистый, бесструктурный. Переход резкий, нижняя граница ровная, выделяется по цвету, от погребенной почвы отделен тонкой прослойкой углей.
[A2]	25–31 см	Белесый, рыхлый, супесчаный, бесструктурный, встречаются корни растений. По верхней границе попадаются угли, нижняя граница волнистая, выделяется по цвету, встречаются корни растений. Мощность колеблется от 7 до 2 см.
[B1]	31–37 см	Ярко-красновато-бурого цвета, есть более темные бурые пятна, бесструктурный, более плотный, легкий суглинок, встречаются корни. Нижняя граница волнистая, переход ясный, выделяется по цвету.
[B2]	37–48 см	Темно-желтый с рыжим оттенком, легкосуглинистый, бесструктурный, встречаются корни растений. Переход ясный, нижняя граница волнистая, выделяется по цвету.
[B2]	48–63 см	Очень темный желтый цвет, почти светло-коричневый, легкосуглинистый, бесструктурный. Встречаются корни растений. Граница перехода в следующий горизонт выделяется по структуре и по цвету, неровная, постепенная.
[B3]	63–80 см	Темно-желтый, суглинистый, встречаются более светлые плотные пятна с признаками оглеения, бесструктурный. Переход в следующий горизонт выделяется по структуре, на границе ортзандовая полоса.
[BC]	80–115 см	Светло-желтый, плотный, супесчаный, бесструктурный, с ортзандами.

Разрез 4–97. 400-летняя почва в пределах могильника Ендырского I.

A01	0–2 см	Опад представлен хвоей сосны, кедра, лиственницы, мелкими веточками, шишками, листьями березы.
A02	2–5 см	Полуразложившийся опад с еще заметной структурой веточек, иголок.
A03	5–7 см	Наиболее разложившаяся часть подстилки, не различаются отдельные составляющие, пронизана многочисленными корнями.
A1A2	7–8 см	Светло-серый, супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями. Граница перехода по цвету, размытая.
B1	8–18 см	Светло-желтый горизонт с более светлыми пятнами, супесчаный, пронизан многочисленными корнями. Граница перехода в следующий горизонт резкая по цвету.

Ниже 18 см следуют две погребенные почвы.

[A2′]	18–24 см	Светло-серый, супесчаный, бесструктурный, очень рыхлый. Граница перехода в следующий горизонт по цвету, нечеткая.
[B1′]	24–34 см	Серовато-желтый (грязный), супесчаный, бесструктурный, встречаются корни растений, пятна углей (при выкидах все перемешивается). Граница перехода в следующий горизонт резкая, выделяется по цвету.
[A2″]	34–43 см	Очень светлый, белесый, песчаный, рыхлый, встречаются корни растений. Переход в следующий горизонт отчетливый по цвету, граница перехода ровная.
[B1″]	43–51 см	Интенсивного красно-бурого цвета, бесструктурный, легкий суглинок. Встречаются мелкие корни растений.

[B2//]	52–60 см	Желтый, супесчаный, бесструктурный. Очень редко встречаются корни растений. Граница перехода постепенная, выделяется по цвету.
[BC]	61–90 см	Влажный, легкосуглинистый, бесструктурный, палевого цвета, встречаются серые потеки.

Разрез 4–98. Заложен на насыпи вокруг жилищной впадины возрастом 3000 лет, сосново-еловый бруснично-лишайниково-моховый лес.

A01	0–2 см	Опад, состоящий из неразложившейся хвои, кусочков коры, мелких веточек и листьев.
A02	2–5 см	Наиболее разложившаяся часть подстилки, но еще различимы растительные остатки, много корней. Располагается непосредственно на подзолистом горизонте, A03 — неразличим.
A1A2	5–12см	Светлый, сероватый с белесым оттенком, слегка розоватый, песчаный, бесструктурный, рыхлый, встречаются угли, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт выделяется по цвету, нижняя граница волнистая. Мощность горизонта варьирует от 3 до 7 см.
B1	12–17 см	Темно-желтый, с рыжими пятнами, супесчаный, бесструктурный, пронизан корнями растений. Переход в следующий горизонт выделяется по цвету, постепенный.
B2	17–37 см	Желтый, встречаются угли, корни растений, супесчаный, бесструктурный, переход выделяется по цвету, граница ровная.
[A2]	37–60 см	Подзолистый горизонт погребенной почвы.
[B1]	60–132 см	Иллювиальный горизонт погребенной почвы.
[A2]	132–143см	Подзолистый горизонт другой погребенной почвы.

Барсова гора

На Барсовой горе 500-летние почвы представлены двумя разрезами. Приводим описание профиля *разреза 18—92*, заложенного под сосняком бруснично-лишайниково-моховым на насыпи высотой 50—60 см вокруг стен жилища, расположенного в пределах городища IV/6.

A0	0—1 см	Опад прошлого года, состоит из хвои.
A0A1	1—2 см	Темно-серый, песчаный, содержит остатки неперегнивших мхов, много мелких корешков. Переход в следующий горизонт заметен по цвету, резкий.
A2	2—5 см	Белесый, песчаный, рыхлый, влажный. Граница перехода заметна по цвету, неровная, с колебаниями от 2 до 4 см.
B1	5—11 см	Желтоватый, пестрый (встречаются пятна старой почвы и прокала), супесчаный, бесструктурный, переход выделен по цвету, постепенный.
B2	11—31 см	Светло-желтый, супесчаный, с отдельными фрагментами погребенной почвы, более плотный, свежий. Глубже располагается горизонт А погребенной почвы. По всему профилю встречается окатанная галька — около 5%.

Почвы возрастом 1200—1500 лет на Барсовой горе представлены четырьмя разрезами. В качестве примера приводим описание *разреза 13—92* 1400-летней почвы под сосняком бруснично-злаковым. Разрез заложен на внешнем оборонительном валу городища II/5.

A0	0—1 см	Опад прошлого года, состоит из хвои.
A0A1	1—2 см	Темно-серый, песчаный, содержит остатки неперегнивших мхов, много мелких корешков. Переход в следующий горизонт заметен по цвету, резкий.

A2	2—5 см	Белесый, песчаный, рыхлый, влажный. Граница перехода заметна по цвету, неровная, с колебаниями от 2 до 4 см.
B1	5—11 см	Желтоватый, пестрый (встречаются пятна старой почвы и прокала), супесчаный, бесструктурный, переход выделен по цвету, постепенный.
B2	11—31 см	Светло-желтый, супесчаный, с отдельными фрагментами погребенной почвы, более плотный, свежий. Глубже располагается горизонт А погребенной почвы. По всему профилю встречается окатанная галька — около 5%.

Почвы возрастом от 2000 до 3000 лет на Барсовой горе представлены 11 разрезами. Описания разрезов 24—92 и 29—92 иллюстрируют морфологический облик этих почв.

Разрез 24—92. Заложен под сосняком с примесью березы, в напочвенном покрове присутствуют брусника и зеленые мхи. Расположен на оборонительном валу городища I/16 возрастом 2000 лет.

A0	0—1 см	Состоит из хвои и перегнивающих мхов.
A1	1—2 см	Серый, песчаный, грубогумусовый горизонт, содержит много мелких корешков. Граница выделяется по цвету, переход резкий.
A2	2—5 см	Белесый, песчаный, бесструктурный, много корней. Переход резкий, граница неровная.
B1	5—10 см	Бурый, супесчаный, бесструктурный, переход выделен по цвету, постепенный.
B2	11—50 см	Желтый, песчаный, встречаются черные прослойки, корни деревьев, свежий. Глубже следует горизонт А2 погребенной почвы.

Разрез 29—92. Заложен на обваловке укрепленного жилища возрастом 3000 лет под сосняком бруснично-зеленомошниковым.

A0	0—1 см	Прошлогодний опад из хвои, содержит мхи.

A0A1	1–2 см	Темно-серый, грубогумусовый горизонт с мхами, мелкими корешками. Граница резкая, ровная, участками волнистая с небольшимим изменениями мощности до 2 см.
A2	2–6 см	Белесый, с темными пятнами, песчаный, бесструктурный. Граница неровная.
B1	6–8 см	Буро-ржавый, супесчаный, бесструктурный, переход резкий, неровный.
B2	8–15 см	Буроватый, более светлый, супесчаный. Переход по цвету, постепенный.
B3	15–35 см	Желтый, супесчаный, бесструктурный, встречаются корни, Располагается над подзолистым горизонтом погребенной почвы.

Почвы возрастом более 3000 и до 6000 лет представлены тремя разрезами. Морфологический облик характеризуется *разрезом 28–92*, который заложен на земляной присыпке стен жилища возрастом 6000 лет под сосняком бруснично-зеленомошниковым.

A0	0–1 см	Прошлогодний опад, состоящий из хвои, кусочков коры, содержит мхи.
A0A1	1–2 см	Темно-серый, грубогумусный, примешаны мхи, угли. Переход резкий, граница неровная.
A2	2–6 см	Белесый, с темными пятнами, корнями, песчаный, бесструктурный. Граница неровная, языковатая.
B1	6–12 см	Ржавого цвета, супесчаный, бесструктурный, содержит корни, переход выделен по цвету, граница неровная, языковатая.
B2	12–33 см	Светло-желтый, супесчаный. Глубже следует погребенная почва.

Анализ всех морфологических описаний показывает, что в разновозрастных почвах на искусственных насыпях выделяются такие же горизонты, как и в фоновых почвах. Поверхность почв покрыта подстилкой из растительных остатков разной степени

разложения. Ниже залегает элювиальный горизонт А2, а в молодых 400- 500-летних почвах — А1А2. В некоторых разрезах с более высоким обилием травянистой растительности горизонт А1А2 присутствует наряду с горизонтом А2. В ряде случаев выделен грубогумусный горизонт А1 мощностью 1 и 5 см (разрез 24—92 — 2200-летняя почва, разрезы 25—92, 26—92 — 2500-летние почвы). Ниже располагаются иллювиальные горизонты В1, В2. Основные морфологические характеристики соответствуют характеристикам фоновых почв.

Кроме приведенных выше, нами были выполнены морфологические описания большого числа разрезов с разновозрастными почвами от 500 до 6000 лет, в которых ясно прослеживается подзолообразовательный процесс. При анализе морфологических признаков привлечены также данные изученных нами ранее 3000—5000-летних почв, сформировавшихся на обваловках жилищных впадин археологического памятника «Окуневый мыс» (Коркина, Плеханова, 1997). Данные о мощности горизонтов почв разных возрастов приведены в табл. 6.1., в которой обобщены результаты по 31 почвенному разрезу, в том числе по шести разрезам фоновых почв.

Сравнение изученных нами почв по мощности соответствующих горизонтов выявило следующие закономерности.

Формирование подстилки происходит постепенно. На начальных этапах почвообразования (от 0 до 50 лет) слой подстилки имеет мозаичное распределение со значительными колебаниями в зависимости от распределения древесных пород (Махонина, 1997). На 50-летней почве под сосняком слой подстилки равен 1,5 см. Однако к 100 годам мощность подстилки достигает значений зональной почвы и в дальнейшем при изменении возраста от 400 до 5000 лет существенно не меняется, колеблясь в пределах 5—7 см, в единичных случаях (например, разрез 6—97) достигает 10 см. Отдельные подгоризонты подстилок не обнаруживают закономерных изменений с возрастом (рис. 6.1).

В почвах, возрастом от 0 до 50 лет под сосняками на песчаных породах горизонт А2 морфологически не выражен. У 400—500-летних почв он проявляется в виде переходного горизонта А1А2

Таблица 6.1.

Характеристика мощностей горизонтов изученных разновозрастных почв среднетаежной зоны Западной Сибири

Параметр	Почвенный горизонт						
	A01	A02	A03	A0A1	A1A2	A2	B1
Возраст почв 400-500 лет							
M	1,66	2,50	1,50	1,00	3,50	3,00	10,0
σ	0,82	1,00	0,71		1,52		6,81
m	0,33	0,50	0,50		0,62		2,78
V,%	48,98	40,0	47,14		43,33		68,12
n	6	4	2	1	6	1	6
Возраст почв 1300 – 1500 лет							
M	1,00	3,50	2,00			4,00	6,75
σ	0	0,71				1,15	3,10
m	0	0,50				0,58	1,55
V,%	0	20,20				25,87	45,86
n	4	2	2	0	0	4	4
Возраст почв 2500 – 3000 лет							
M	2,33	2,60			2,00	5,33	5,16
σ	0,58	2,07				2,73	3,31
m	0,33	0,93				1,12	1,35
V,%	24,74	79,76				51,23	64,10
n	3	5	0	0	1	6	6
Возраст почв более 3000 – 5000 лет							
M	1,83	2,50	2,00			5,44	5,66
σ	1,60	2,74	1,0			1,42	3,04
m	0,65	1,12	0,58			0,47	1,01
V,%	87,39	109,54	50,0			26,16	53,67
n	6	6	3	0	0	9	9
Фоновые почвы							
M	1,16	3,66	2,00	1,33		7,16	7,66
σ	0,41	2,80	1,41	0,58		2,56	3,39
m	0,16	1,15	1,00	0,33		1,05	1,38
V,%	34,99	76,49	70,71	43,30		35,76	44,47
n	6	6	2	3	0	6	6

Примечание. M — *среднее арифметическое значение мощности горизонта,* σ — *среднее квадратическое отклонение,* m — *ошибка среднего арифметического,* V,% — *коэффициент вариации,* n — *число определений.*

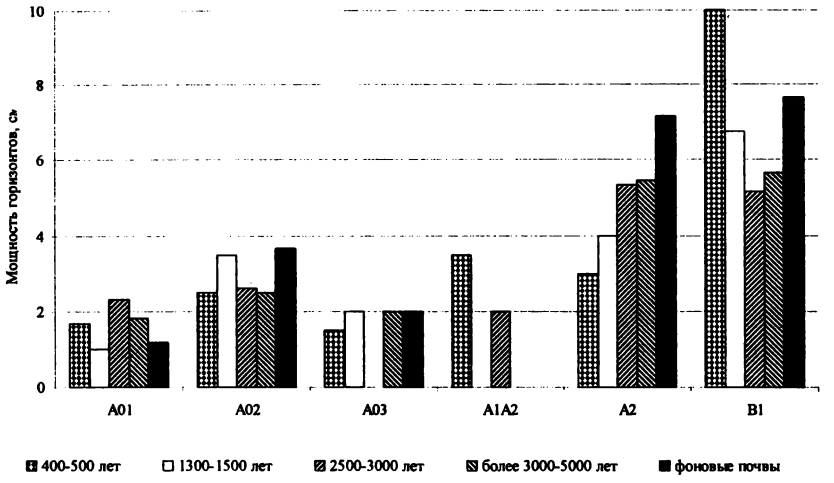


Рис. 6.1. Средние мощности горизонтов в разновозрастных почвах.

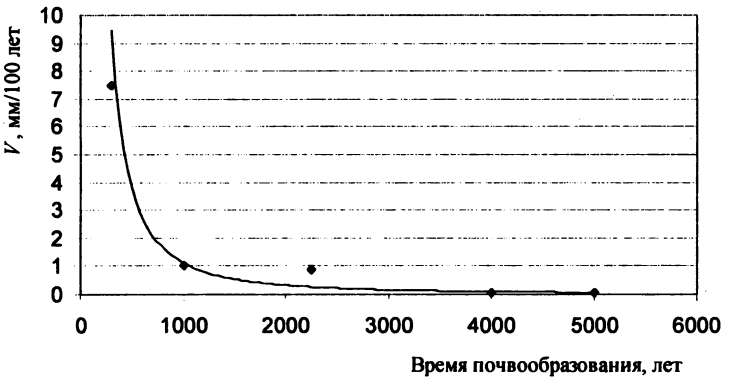


Рис. 6.2. Скорость нарастания мощности подзолистого горизонта (V, мм/100 лет).

по некоторому осветлению или в виде отдельного горизонта А2 мощностью 1–3 см. В почвах возрастом 1300–1500 лет средняя мощность подзолистого горизонта составляет 4,0±0,6 см, у 2500–3000-летних почв она возрастает до 5,3±1,1 см. В группе почв старше 3000 лет и до 5000 лет средняя мощность составляет 5,4±0,5 см с колебаниями от 4 до 8 см. В фоновой почве средняя мощность составляет 7,2±1,1 см. Таким образом, в изучаемых хронорядах наблюдается увеличение мощности подзолистого горизонта по средним величинам в интервале времени от 500 до 5000 лет (рис. 6.1.). При этом значение даже в самой старой группе почв более 3000–5000 лет не достигает фонового значения. Однако, начиная с 2500 лет, пределы колебаний мощностей исследуемых почв входят в пределы колебаний мощности фоновых почв.

На основе средних величин мощности горизонта А2 была вычислена скорость нарастания мощности данного горизонта на разных временных интервалах почвообразования (рис. 6.2, точки по оси X отложены посередине указанных временных интервалов). На начальных стадиях почвообразования (от 0 до 400 лет) скорость нарастания подзолистого горизонта составила 7,5 мм/100 лет, во временном интервале 400–1500 лет она существенно снизилась — до 1 мм/100 лет, далее на промежутке 1500–3000 лет составила 0,87 мм/100 лет. На самых поздних стадиях (от 3000 до 5000 лет) скорость нарастания горизонта оценивается величиной 0,05 мм/100лет.

Из приведенных выше данных следует, что скорость увеличения мощности подзолистого горизонта неравномерна: максимальна — на начальных этапах почвообразования, после 500 лет резко снижается, после чего продолжает незначительно уменьшаться.

Интересно отметить, что скорость развития элювиального горизонта, полученная нами в природной модели (1–3 см за 400–500 лет), совпадает с рассчитанной в идеализированной модели (Морозов, Таргульян, 1995) развития элювиального горизонта на песчаных породах в гумидных областях (1 см за 300 лет).

Проследить динамику образования иллювиальных горизонтов было труднее, так как изученные почвы в большинстве случаев лежат

на погребенных и общая мощность в пределах насыпи в некоторых случаях невелика (колеблется до 50 см) и только в некоторых разрезах достигает 70 см и более. При этом в почвах до 400 лет иллювиальный горизонт трудно подразделить на В1 и В2, а у более старших почв такое подразделение возможно. В целом средняя мощность иллювиальных горизонтов в ряду (400–500) — 1500 — (2500–3000) — (более 3000–5000) — 6000 лет — фон изменяется так: 10,0 — 6,8 — 5,2 — 5,7 — 7,7 см соответственно.

Таким образом, на изучаемых объектах почвообразование протекает с формированием почв, по морфологическому облику соответствующих зональным подзолистым почвам территории. На начальных этапах почвообразования к 100 годам происходит формирование подстилок. Однако минеральные горизонты у почв данного возраста еще не выражены. К возрасту 400 лет происходит разделение профиля на элювиальную часть, представленную чаще всего осветленным переходным горизонтом А1А2, и иллювиальную часть, которую еще трудно подразделить на горизонты В1 и В2. На более поздних этапах почвообразования горизонты А2 и В1 выделяются отчетливо. С возрастом почв наблюдается увеличение мощности подзолистого горизонта А2 от 1–3 см у 400-летних почв до 7,2 см у фоновых, причем скорость нарастания мощности подзолистого горизонта неравномерна и убывает с увеличением продолжительности почвообразования.

6.2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПОЧВ

В результате почвообразовательных процессов происходит не только морфологическая дифференциация профиля, но также перемещение химических элементов по профилю. Поскольку в подзолистых почвах основным процессом, формирующим их профиль, является миграция веществ из элювиального горизонта А2 в иллювиальные горизонты В1 и В2, то для количественной оценки степени выноса и накопления веществ нами был использован коэффициент дифференциации (КД) почвенного профиля, пред-

ставляющий собой отношение содержания элемента (или его соединения) в горизонте А2 к его содержанию в горизонте В1. Некоторые авторы (Роде, 1937) для оценки степени вымывания и накопления некоторых элементов предлагают вычислять коэффициенты дифференциации в отдельных горизонтах по отношению к почвообразующей породе. Поскольку в силу маломощности исследуемых нами почв нижняя часть профиля совмещалась с погребенными почвами, мы оперировали коэффициентами дифференциации (КД) по соотношению содержания исследуемых элементов в горизонтах А2 и В1.

Полученные нами коэффициенты свидетельствуют о том, что, несмотря на близость морфологических свойств разновозрастных почв и фоновых, степень дифференциации их почвенных профилей по ряду химических показателей различна.

АКТУАЛЬНАЯ И ОБМЕННАЯ КИСЛОТНОСТЬ

Реакция почвенного раствора играет важную роль в функционировании почв. Значение кислотности определяет развитие почвенной микрофлоры. От pH зависит растворимость минеральных веществ, тем самым кислотность влияет на миграцию и аккумуляцию веществ в почвенном профиле, а также на доступность питательных элементов растениям. Известно, что почвообразование в подзоне средней тайги протекает в кислой среде.

Актуальная кислотность связана с присутствием в почвенном растворе диссоциированных ионов H^+ и OH^- и характеризуется величиной pH водной вытяжки.

А.А. Роде (цит. по Пономаревой, 1964) экспериментально показал, что кислотность водных вытяжек из подстилок кислых почв с pH< 5,7 (именно такие величины pH характерны для типично подзолистых почв) практически не изменяется после удаления свободной угольной кислоты и почти целиком обусловлена более сильными, нелетучими органическими кислотами. Основным источником кислых продуктов в лесных экосистемах является растительный опад, при разложении которого высвобож-

дающиеся органические кислоты и кислые продукты трансформации высвобождающихся веществ, включая гумусовые кислоты, поступают на поверхность почвы и, мигрируя, создают кислую среду во всем почвенном профиле. Так как опад имеет бедный зольный состав, то источником нейтрализации перегнойных кислот служат в основном минералы почвообразующих пород, количество оснований в которых в противоположность биогенному кальцию увеличивается сверху вниз. Поэтому и степень нейтрализации перегнойных кислот в типично подзолистых почвах увеличивается в том же направлении.

Почвы Ендырских памятников

Величина pH водных вытяжек рассматриваемых фоновых почв является характерной для подзолистых почв и составляет в подстилках сосняков 3,92–4,06, для ельников — 4,10–4,72; в минеральных горизонтах 4,09–5,50 и 3,79–4,82 соответственно (табл. 6.2; 6.3; 6.4).

На начальных стадиях почвообразования на нарушенных землях формирование почв идет по зональному типу и с самого начала происходит в кислой среде. Так, величина pH_{H2O} самых молодых почв на практически свежих отвалах (15 лет) составляет 5,32–5,42 (табл. 6.5).

В подстилках кислотность близка в почвах разных возрастов археологических памятников и в фоновых: для опада (подгоризонт A01) сосняков величины pH_{H2O} равны 4,11–4,55, в фоновой почве — 4,06; для ельников 4,30–5,20 и 4,69 соответственно. Для нижних подгоризонтов подстилок A02 и A03 значения pH колеблются в сосняках от 3,63 до 4,49 при фоновом значении 3,92, в ельниках — от 4,30 до 5,08, тогда как в фоновой почве pH_{H2O} составляет 4,10–4,72, т. е. величина pH_{H2O} разных подгоризонтов подстилок фоновых почв входит в пределы колебаний данной величины разновозрастных почв, или значения в фоновых почвах и почвах разных возрастов близки. Абсолютные величины pH_{H2O} подстилок не зависят от возраста почв.

Таблица 6.2.

Химическая характеристика разновозрастных почв на оборонительных валах городищ под сосняками. Ендырские памятники

Горизонт, глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 3-97. Фоновая почва							
A01 0-1	4,06	3,61	99,96	23,42	18,98	40,50	209
A02 1-5	3,92	2,99	139,9	30,0	17,66	25,63	139
A0A1 5-6	4,20	3,14	59,98	20,6	25,56	9,00	27,5
A2 6-12	4,09	3,09	3,16	0	0	0,23	2,8
B1 12-16	4,22	3,62	9,82	11,4	53,72	5,64	6,9
B2 16-47	4,67	4,07	7,00	0,84	10,71	1,44	5,4
B3 47-84	4,73	4,11	7,33	0,30	3,93	0,71	3,5
BC >84	5,50	4,03	7,33	0,01	0,14	0,88	4,3
Разрез 6-97. 2700-летняя почва							
A01 0-3	4,33	3,80	117,81	5,30	4,31	40,75	231
A02 3-9	3,95	3,21	137,45	3,00	2,14	37,50	230
A03 9-10	3,63	2,91	157,08	5,30	3,26	38,00	203
A2 10-12	3,80	2,87	5,73	0	0	2,12	5,4
B1 12-18	4,32	3,59	10,47	0,32	2,97	65,2	4,4
B2 18-53	4,56	3,86	4,58	0,32	6,53	44,2	3,0
B3 53-76	4,93	3,81	4,25	0,53	11,09	50,5	3,2
Разрез 5-97. 1500-летняя почва							
A01 0-1	4,55	4,25	99,96	12,58	11,18	38,00	243
A02 1-5	4,49	3,85	119,9	27,13	18,45	38,75	252
A03 5-7	4,07	3,27	159,9	15,0	8,58	45,50	283
A2 7-12	3,92	2,88	1,17	0,32	21,48	1,52	3,55
B1 12-17	4,53	3,64	7,36	0	0	9,8	4,3
B2 17-28	4,95	3,87	5,24	0,32	5,76	9,3	4,4
B3 28-44	5,13	3,84	6,87	2,00	22,55	6,8	6,9
B3 44-73	5,18	3,77	5,73	2,00	25,87	1,1	7,1

Примечание. Здесь и в табл. 6.3–6.5 и 6.7–6.8 H^+ *— гидролитическая кислотность,* S *— сумма обменных оснований,* V *— степень насыщенности основаниями.*

Необходимо обратить внимание на изменение кислотности по подгоризонтам подстилок. Самые нижние подгоризонты (A02 или A03 для разных разрезов) характеризуются более низкими

значениями pH_{H2O}, а значит, более высокой кислотностью по сравнению с другими слоями подстилок. Данная закономерность проявляется как в фоновых, так и в разновозрастных почвах и не наблюдается только в разрезе 2—98 (одна из 400-летних почв, однако по значениям pH_{KCl} данная закономерность наблюдается и здесь). Именно в самой нижней наиболее сильно разложившейся части подстилки содержится наибольшее количество кислот — продуктов разложения растительного опада и их трансформации. Процесс накопления кислот в нижней части подстилки происходит во всех почвах возрастом 400 лет и старше.

Таблица 6.3.

Химическая характеристика разновозрастных почв на обваловках жилищных впадин под сосняками. Ендырские памятники

Горизонт, глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 3-97. Фоновая почва							
A01 0-1	4,06	3,61	99,96	23,42	18,98	40,50	209
A02 1-5	3,92	2,99	139,9	30,0	17,66	25,63	139
A0A1 5-6	4,20	3,14	59,98	20,6	25,56	9,00	27,5
A2 6-12	4,09	3,09	3,16	0	0	0,23	2,8
B1 12-16	4,22	3,62	9,82	11,4	53,72	5,64	6,9
B2 16-47	4,67	4,07	7,00	0,84	10,71	1,44	5,4
B3 47-84	4,73	4,11	7,33	0,30	3,93	0,71	3,5
BC >84	5,50	4,03	7,33	0,01	0,14	0,88	4,3
Разрез 1-97. 5000-летняя почва							
A01 0-3	4,11	3,57	119,95	16,2	11,90	40,63	206
A02 3-5	3,88	3,15	99,96	3,70	3,57	29,88	106
A2 5-11	4,35	3,44	2,00	0,37	15,61	0,88	2,6
B1 11-15	4,61	4,20	5,50	0	0	14,75	3,0
B2 15-35	4,41	4,21	3,00	0,30	9,09	20,05	0,9
Разрез 7-97. 2500-летняя почва							
A01 0-2	4,21	3,60	117,81	7,70	6,13	38,56	192
A02 2-4	3,95	3,13	137,45	5,30	3,71	41,50	184
A03 4-5	3,71	2,92	137,45	5,30	3,71	33,75	208
A2 5-14	4,51	3,57	1,47	0,08	5,16	1,75	2,0
B1 14-15	4,75	4,00	4,91	0	0	63,9	3,2
B2 15-21	5,04	4,32	2,78	0	0	47,9	3,0

Таблица 6.4.

Химические свойства разновозрастных почв ельников. Ендырские памятники

Горизонт, глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 3-98. Фоновая почва							
A01 0-2	4,69	4,23	89,67	42,61	32,21	17,58	91,5
A02 2-5	4,72	3,98	101,24	41,44	29,04	26,36	116
A03 5-8	4,10	3,25	121,49	29,77	19,68	14,06	58
A2 8-13	3,79	2,94	12,29	3,04	20,35	9,84	2,09
B1 13-23	4,47	3,84	11,71	1,92	11,47	14,41	3,59
B2 23-39	4,48	3,86	11,40	3,54	23,70	2,81	3,57
B3 39-50	4.59	3,85	12,44	1,82	12,75	0,53	4,91
B3 50-65	4,63	3,86	12,37	2,31	15,76	1,23	5,36
B3 65-84	4,63	3,88	8,97	2,98	24,92	2,11	7,14
BC 84-100	4,82	3,92	3,54	3,62	50,52	1,76	2,68
Разрез 4-98 3000-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A01 0-2	5,20	4,60	66,53	40,66	37,93	10,55	160,74
A02 2-5	4,80	3,77	92,56	31,82	25,58	24,61	22,33
A2 5-12	4,08	3,36	7,45	3,07	29,21	19,68	2,23
B1 12-17	4,58	3,86	8,61	3,06	26,23	23,90	3,57
B2 17-37	4,78	4,11	5,42	2,99	35,58	37,61	1,79
Разрез 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника							
A01 0-2	4,30	3,94	99,96	5,30	5,03	28,75	267
A02 2-5	5,02	4,56	119,95	46,50	27,94	56,25	202
A03 5-7	4,30	3,62	119,95	20	14,30	47,50	132
A1A2 7-8	3,68	2,79	14,16	0,0	0,0	4,74	10,3
B1 8-18	4,61	3,78	7,83	0,0	0,0	15,98	6,2
[A2] 18-24	4,59	3,65	8.83	1,5	14,5	2.64	6,6
[B1] 24-34	4,99	4,00	7.16	0,0	0,0	6.14	4,3
[A2] 34-43	5,28	4,32	1.50	0,0	0,0	1.96	2,3
[B1] 43-51	4,74	3,98	7.50	1,04	12,2	2.94	5,25
[B2] 51-60	4,88	4,07	4.33	0,30	6,52	0.94	3,05
[BC] 60-90	4,56	3,63	10.00	1,00	9,09	10.15	5,4
Разрез 2-98. 400-летняя почва, выкид из могильной ямы							
A01 0-2	4,75	4,20	78,10	34,71	30,77	15,82	89,30
A02 2-5	4,84	3,99	107,02	43,39	28,85	42,18	129,49
A03 5-8	5,08	3,73	115,70	39,49	25,45	17,58	71,44
A1A2 8-13	3,82	2,94	9,04	3,93	30,30	12,65	5,81
B1 3-25	4,64	3,96	9,98	3,85	27,85	12,83	2,68
[A_2] 25-31	4,67	3,75	7,38	3,07	29,42	7,56	3,57
[B_1] 31-37	4,88	3,93	8,82	2,48	21,94	18,98	6,25
[B_2] 37-48	4,95	4,02	8,97	4,63	34,05	27,42	3,57
[B_2] 48-63	4,92	3,97	6,22	4,24	40,55	25,31	3,13
[B_3] 63-80	4,91	3,77	8,75	6,19	41,42	11,60	8,49
[BC]80-115	4,92	3,95	3,47	3,77	52,09	2,28	2,46

Минеральные горизонты также характеризуются кислой реакцией растворов водных вытяжек, характерной для зональных подзолистых почв. Величина pH_{H2O} в почвах сосняков изменяется в пределах 3,80—5,18, а в фоновой почве — 4,09—5,50. В почвах ельников данные величины составляют 3,68—4,78 (только для дневных почв) и 3,79—4,82 в фоновой почве.

Таблица 6.5.

Химическая характеристика 15-летней почвы, сформировавшейся на отвале буровой вышки

Глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O	$C_{орг}$	Fe_2O_3
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы		%	
Разрез 7-98									
0 - 2	5,42	4,02	2,60	6,11	70,15	2,99	5,81	0,33	0,30
2 - 7	5,32	3,89	4,05	4,24	51,15	2,64	2,68	0,18	0,27
7 – 20	5,39	3,90	3,47	5,25	60,21	2,46	2,23	0,12	0,24

Изменение pH_{H2O} по горизонтам почв одинаково во всех изучаемых и фоновых почвах: минимум наблюдается в горизонтах А2 с последующим постепенным увеличением с глубиной, наибольшие величины pH_{H2O} фиксируются в почвообразующих породах (5,50 и 4,82 в фоновых почвах сосняка и ельника соответственно). Лишь в разрезе1—97 (5000 лет) увеличение величины pH книзу не является равномерным (4,61 — в горизонте В1 и 4,41 — в В2). Так как кислые продукты поступают в почвы с ее поверхности, то следует ожидать, что со временем происходит все большее подкисление профиля снизу вверх.

Проследим изменение актуальной кислотности по отдельным горизонтам. В почвах на обваловках жилищ в горизонтах А2 pH_{H2O} уменьшается с возрастом от 4,51 в 2500-летней почве до 4,35 — в 5000-летней и 4,09 в фоновой почве, в горизонтах В1 — от 4,75 до 4,61 и 4,22 соответственно. В почвах на валах горизонты А2 1500- и 2700-летних почв, напротив, подкислены еще сильнее, чем в фоновой почве (pH_{H2O} составляет 3,92 и 3,80

по сравнению с фоновым значением 4,09). Однако горизонты В1 здесь менее кислые, чем в фоновой почве: 4,53 — 4,32 — 4,22 в ряду 1500 лет — 2700 лет — фоновая почва. В почвах ельников величина pH_{H2O} в верхних минеральных горизонтах А1А2 одной из 400-летних почв ниже, чем в фоновой почве: 3,68 по сравнению с 3,79, а в другой почве того же возраста очень близка к этим величинам (3,82), однако горизонт В1 все же немного менее кислый: 4,61 и 4,64, тогда как в фоновой — 4,47. По сравнению с другими почвами и фоновой 3000-летняя почва на обваловке жилища в целом отличается несколько пониженной кислотностью во всех минеральных горизонтах (pH_{H2O} 4,08–4,78).

Таким образом, хотя абсолютные значения pH_{H2O} разновозрастных и фоновых близки, наблюдается тенденция увеличения кислотности (уменьшения pH_{H2O}) в верхних минеральных слоях профиля с возрастом почв. Отличия разновозрастных почв по значениям pH в горизонтах А2 проявляются менее ясно, а в горизонтах В1 более отчетливо выражено закономерное увеличение кислотности.

Обменная кислотность обусловлена реакцией обмена между ионами водорода и алюминия, находящимися в ППК, и раствором нейтральной соли.

Все изученные почвы по величине pH_{KCl} являются очень сильнокислыми и сильнокислыми (табл.6.2; 6.3; 6.4). Значения pH_{KCl} опада (подгоризонт А01) в сосняках составляют 3,57–4,25, в фоновой почве — 3,61; в ельниках в разновозрастных почвах — 3,94–4,60, в фоновой– 4,23. В нижних слоях подстилок сосняков величина pH_{KCl} изменяется в пределах 2,91–3,85 при фоновом значении 2,99; в ельниках — от 3,62 до 4,56 и от 3,25 до 3,98 соответственно. Таким образом, между абсолютными значениями pH_{KCl} подстилок разновозрастных и фоновых почв нет различий, связанных с возрастом.

По изменению кислотности по подгоризонтам подстилок выявляется закономерность, аналогичная изменению актуальной кислотности: уменьшение величины pH_{KCl} к нижнему слою подстилки, состоящему из наиболее разложившихся органических остатков.

В минеральных горизонтах сосняков значения pH_{KCl} находятся в пределах 2,87—4,32 в разновозрастных почвах и 3,09—4,11 — в фоновой. В еловых лесах значения pH изменяются от 2,79 до 4,11 в разновозрастных почвах и от 2,94 до 3,92 — в фоновой. Таким образом, значения обменной кислотности в фоновых почвах входят в пределы колебаний изучаемых разновозрастных почв. Мы полагаем, что, подобно актуальной кислотности, со временем почвенный профиль и отдельные его горизонты должны становиться более кислыми вследствие накопления кислых веществ, поступающих из лесных подстилок. Однако при сравнении абсолютных значений pH_{KCl} по различным горизонтам это явление проявляется нечетко. Для горизонтов А2 уменьшение pH с возрастом обнаружено только в почвах обваловок: 3,57 — 3,44 — 3,09 в ряду 2500 лет — 5000 лет — фон. В почвах валов кислотность горизонта А2 1500-летней и 2700-летней почв выше, чем в фоновой (2,88 и 2,87 по сравнению с 3,09), так же как и в 400-летних почвах ельников — 2,79 и 2,94 в сравнении с фоновым значением 2,94. Горизонт В1 является лишь в единичных случаях более кислым в фоновых почвах по сравнению с изучаемыми, и изменение кислотности в нем не связано с возрастом почв.

Распределение обменной кислотности по профилю одинаково во всех изучаемых и фоновых почвах и аналогично распределению актуальной кислотности: минимальные значения pH_{KCl} приурочены к элювиальным горизонтам, ниже они увеличиваются, иногда с небольшими колебаниями в нижней части профиля. Подобного распределения не выявлено в молодой 15-летней почве отвала буровой вышки (табл. 6.5.) Начиная с 400-летнего возраста, в почвах наблюдается тип распределения кислотности, подобный фоновым почвам.

Мы видим, что по абсолютным величинам pH_{H2O} наблюдается тенденция увеличения кислотности с возрастом почв, но по обменной кислотности подобная закономерность не выявляется. Тип профильного распределения величин pH_{H2O} и pH_{KCl} идентичен во всех почвах. В этом отношении, казалось бы, характерное время для актуальной и обменной кислотности невелико и уже

достигнуто изучаемыми почвами. Но для количественной оценки изменения кислотности мы попытались использовать соотношение концентраций водородных ионов в различных почвенных горизонтах. Это соотношение является «внутренней» характеристикой почвенного профиля, отражает степень его дифференциации. Как уже указывалось, основным источником кислых продуктов является растительный опад, поэтому с течением времени нужно ожидать подкисления почвенного профиля сверху вниз. В самые первые 15–20 лет почвообразования в пределах недифференцированного профиля не наблюдается различий в подкислении почвенных слоев разной глубины. Верхние 0–2 см 15-летней почвы являются даже немного менее кислыми по сравнению с более глубокими слоями. Соотношение концентраций водородных ионов в слоях 2–7 см и 7–20 см близко к единице (табл. 6.6.).

Таблица 6.6.

Отношение концентраций водородных ионов в горизонтах А2 и В1 изучаемых почв Ендырских памятников

Показатель	Возраст почв, лет							Фоновая почва
	15	400	1500	2500	2700	3000	5000	
pH_{H2O}	Сосняки, валы городищ							
	1,17		4,07		3,30			1,35
	Сосняки, обваловки жилищных впадин							
	1,17			3,09			1,82	1,35
	Еловые леса							
	1,17	8,51; 6,61				3,16		4,17
pH_{KCl}	Сосняки, валы городищ							
	1,02		5,75		5,25			3,39
	Сосняки, обваловки жилищных впадин							
	1,02			2,69			5,75	3,39
	Еловые леса							
	1,02	10,47; 9,77				3,16		7,90

Соотношения концентраций водородных ионов в элювиальных и иллювиальных горизонтах (А2/В1), называемые нами коэффициентами дифференциации, приведены в табл. 6.6. Видно, что изменение коэффициента носит сложный характер: сначала

отношение близко к единице, затем резко увеличивается, что особенно ясно видно на примере молодых 400-летних почв, после чего постепенно снижается.

Несмотря на малое количество данных, можно отметить следующую закономерность: сначала кислотность увеличивается в А2 по сравнению с В1 (отношение максимальное), а затем различия в кислотности между данными горизонтами уменьшаются вследствие подкисления более глубокого горизонта В1. Так, например, в почвах на оборонительных валах наибольшее отношение для актуальной кислотности обнаружено в 1500-летней почве — 4,07, у более старой 2700-летней почвы этот коэффициент снижен — 3,30, а в фоновой почве имеет минимальное значение — 1,35. В почвах обваловок жилищ данное соотношение также уменьшается от 3,09 в 2500-летней почве до 1,82 в 5000-летней и до 1,35 в фоновой. В почвах ельников максимальные различия между горизонтами А2 и В1 наблюдаются в 400-летних почвах, где отношение равно 8,51 и 6,61, затем отношение значительно снижается до 3,16 в 3000-летней почве, что даже меньше, чем в фоновой почве — 4,17.

Подобная закономерность прослеживается и для обменной кислотности. На самых начальных этапах почвообразования коэффициент А2/В1 почти равен единице — 1,02 в 15-летней почве. В дальнейшем происходит сильное подкисление верхнего минерального горизонта А2, в то время как В1 остается менее кислым. Отношение А2/В1 в 1500-летней почве составляет 5,75, затем несколько снижается до 5,25 в 2700-летней почве, а в фоновой составляет 3,39. В почвах обваловок закономерность не выражена: 2,69 — 5,75 — 3,39 в ряду 2500 лет — 5000 лет — фон. В еловых лесах максимальным является отношение в 400-летних почвах — 10,47 и 9,77 соответственно, затем заметно уменьшается к 3000 годам (3,16), но у фоновой почвы является большим (7,90), что не совсем укладывается в наши представления, согласно которым в старых почвах, включая фоновые, различия между верхними горизонтами А2 и В1 должны

сглаживаться за счет подкисления не только верхнего горизонта А2, но и более глубокого В1.

Вычисления коэффициентов дифференциации по кислотности проводились нами ранее (Коркина, Плеханова, 1997) для разновозрастных почв от 3000 до 5000 лет на обваловках жилищных впадин Окуневого мыса (озеро Аран-тур, средняя тайга Западной Сибири). При этом была выявлена аналогичная закономерность: построены ряды разрезов, в которых уменьшение коэффициентов дифференциации соответствует увеличению возраста почв. В фоновой почве наименьшие соотношения концентраций водородных ионов обнаружены в горизонтах А2 и В1: 1,25 для pH_{H2O} и 2,29 для pH_{KCl}, в то время как в разновозрастных почвах — от 3,80 до 6,76 и от 2,88 до 8,71 для pH_{H2O} и pH_{KCl} соответственно.

Из сказанного выше можно заключить, что во всех изучаемых почвах, как и в фоновых, почвообразование идет по зональному типу в кислой среде. Уже в 400-летних почвах сформировался тип профильного распределения pH, характерный для фоновых почв, с минимумом в элювиальных горизонтах и постепенным увеличением вглубь. Значения кислотности близки в развивающихся и фоновых почвах, однако по актуальной кислотности наблюдается тенденция к увеличению кислотности с возрастом. Изменение во времени степени внутрипрофильной дифференциации носит сложный характер. По коэффициентам дифференциации почвы валов к 2700 не годам не достигли фоновых значений. Почвы обваловок к 5000 годам также не достигают фонового состояния по актуальной кислотности, по обменной кислотности на основе КД не удалось сделать вывода о степени завершенности процесса. В еловых лесах 400-летние почвы заметно отличаются от фоновых почв, но 3000-летняя почва нарушает закономерности хроноряда. Определение ХВ (характерного времени) по кислотности требует дополнительного материала, но мы полагаем, что ХВ по актуальной и обменной кислотности достаточно велико, возможно, более 5000 лет.

Почвы Барсовой горы

В изучаемых разновозрастных почвах значения pH_{H2O} характерны для подзолистых почв и изменяются от 4,14 до 5,81 (табл. 6.7; 6.8). В фоновой почве разреза 13—94 значения находятся в тех же пределах (4,23—5,40), а в разрезе 22—94 — в целом выше (5,19—6,75), при этом в минеральном профиле кислотность уменьшается от верхних горизонтов к нижним. В разновозрастных почвах памятников максимальные значения актуальной кислотности (минимум pH_{H2O}) минерального профиля приурочены к горизонтам А2 (или А1А2 в разрезе 27—92, 2500-летняя почва), вниз по профилю кислотность уменьшается. В подстилках актуальная кислотность в большинстве случаев еще выше, чем в горизонте А2, реже незначительно снижена по сравнению с последним. Исключение составляет разреза 30—92 (4000-летняя почва), где в минеральной части профиля pH_{H2O} минимален в горизонте В1.

В почвах Барсовой горы, в отличие от Ендырских памятников, наблюдается больший размах значений обменной кислотности. По величине pH_{KCl} почвы Барсовой горы относятся как к очень сильнокислым, сильнокислым, так и к слабо- и среднекислым. Профильное распределение обменной кислотности в фоновых почвах аналогично распределению актуальной кислотности. Высокой кислотностью отличаются подстилки: pH_{KCl} составляет 3,46—3,33 (в разрезах 13—94 и 22—94 соответственно), при этом для второго из указанных разрезов это наименьшая величина в профиле, а минимальное значение 3,13 в разрезе 13—94 приурочено к горизонту А1А2. С глубиной pH увеличивается до 3,52—3,81 в горизонтах А2 и далее вниз до 4,68 (на глубине 23—41 см, в разрезе 13—94) и 4,82 (на глубине 39—50 см, в разрезе 22—94).

В разновозрастных почвах памятников максимальные значения кислотности, так же как и в фоновых почвах, в большинстве случаев приурочены к подстилкам или переходным горизонтам А0А1, либо — к горизонту А2 (разрезы 13—92, 17—92 — 1400-, 1500-летние почвы на оборонительных валах, 26—92, 20—92, 29—92 — 2500-летние почвы валов, 14—95 — 2500-летняя почва

Таблица 6.7.

Химическая характеристика разновозрастных почв на оборонительных валах городищ Барсовой горы

Горизонт, глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 13-94. Фоновая почва							
A0 0-4	4,62	3,46	3,19	5,0	61,05	-	19,80
A1A2 4-5	4,23	3,13	6,11	4,6	42,05	1,12	3,80
A2 5-10	4,73	3,52	1,82	2,8	60,60	1,00	1,20
B1 10-23	5,32	4,51	2,02	3,0	59,76	19,75	-
B2 23-41	5,40	4,68	1,50	3,0	66,60	19,75	5,00
Разрез 22-94. Фоновая почва							
A0 0-2	4,62	3,76	1,63	4,4	71,04	2,25	14,60
A2 2-4	5,19	3,81	2,16	4,0	59,70	1,62	0,20
B1 4-11	5,28	4,27	3,48	3,2	49,41	35,00	1,80
B2 11-17	5,88	4,72	1,82	3,4	68,72	13,12	1,20
BC 17-39	6,54	4,66	1,13	4,0	76,11	6,62	0,80
C 39-50	6,75	4,82	0,80	3,6	80,00	13,75	0,20
Разрез 3Б. Фоновая почва							
A0 0-5	-	-	61,00	100,4	62,21	2,20	10,20
A1A2 5-6	-	-	3,71	4,04	52,13	1,63	2,10
A2 6-30	-	-	0,85	4,24	83,30	0,80	0,30
B1 30-37	-	-	2,41	2,67	52,56	24,00	1,70
B2 37-53	-	-	3,63	3,26	47,31	19,70	1,30
B3 53-82	-	-	0,93	3,84	80,50	16,75	1,70
Разрез 29-94. 2500-летняя почва							
A0 0-1	4,53	3,73	9,80	84,72	58,62	8,50	45,50
A0 1-5	4,65	3,60	47,00	112,16	70,47	45,00	19,00
A1A2 5-6	4,29	3,07	7,76	5,41	41,09	1,63	3,80
A2 6-10	4,31	3,27	3,48	3,84	52,48	2,63	2,40
B1 10-14	4,46	3,57	8,28	1,69	26,93	25,00	3,10
B2 14-50	5,08	4,22	3,71	0,12	3,13	32,10	2,10
Разрез 20-92. 2500-летняя почва							
A0 0-7	4,60	3,56	65,20	54,00	45,30	43,00	52,50
A2 7-11	4,30	3,39	3,40	1,35	28,42	5,50	3,00
B1 11-17	4,95	4,37	2,41	3,15	56,65	56,00	3,30
B2 17-37	5,31	4,41	1,28	3,60	73,77	22,50	6,15
Разрез 15-92. 2500-летняя почва							
A0 0-1	5,07	4,06	52,40	27,00	34,00	25,00	28,50
A0 1-2	5,30	4,14	53,60	45,00	45,63	35,00	3,40
A0 2-3	4,60	3,38	92,20	27,00	22,65	23,00	2,50
A2 3-4	4,56	3,46	3,13	0,90	22,33	9,50	2,50
B1 4-15	5,09	4,37	1,78	1,35	43,13	13,00	3,60
B2 15-37	5,30	4,55	0,91	1,80	66,42	4,50	2,10

Продолжение табл. 6.7.

Горизонт, глубина,см		pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
		H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 25-92. 2500-летняя почва								
A0	0-3	3,91	-	-	-	-	-	-
A1	3-4	3,94	3,08	17,30	6,75	28,10	4,30	9,00
A2	4-10	4,33	3,46	1,98	1,80	47,62	1,70	3,40
B1	10-15	4,63	4,16	4,71	2,70	36,43	43,00	4,00
B2	15-30	5,20	4,73	1,28	3,15	71,10	12,00	9,00
Разрез 26-92. 2500-летняя почва								
A0	0-3	5,59	4,84	49,20	62,96	56,11	43,00	63,00
A1	3-8	4,31	3,38	4,71	1,79	27,61	2,20	4,90
A2	8-15	4,70	3,79	1,60	0,89	35,74	2,50	2,50
B1	15-23	5,30	4,28	2,80	1,35	32,53	56,00	5,30
B2	23-43	5,90	4,63	1,18	1,79	60,26	20,00	2,50
Разрез 27-92. 2500-летняя почва								
A01	0-1	-	-	34,80	54,10	60,85	85,00	45,50
A02	1-3	-	-	35,60	36,40	50,56	24,00	14,00
A1A2	3-7	4,61	3,48	6,25	4,03	39,20	3,20	5,80
A2	7-11	4,76	3,77	1,53	1,38	47,42	2,50	1,80
B1	11-16	5,18	4,10	1,90	2,71	58,79	29,00	1,80
B2	16-41	5,81	4,54	1,53	1,38	47,42	55,00	2,10
Разрез 24-92. 2200-летняя почва								
A0	0-1	4,83	3,99	53,60	54,00	50,18	21,00	31,25
A1	1-2	4,86	3,59	5,03	4,50	47,22	3,10	3,50
A2	2-5	4,96	3,78	1,01	1,80	64,05	1,00	1,90
B1	5-10	5,30	4,28	3,26	2,70	45,30	55,50	2,50
B2	10-50	5,64	4,59	1,28	2,25	63,73	15,20	4,90
Разрез 23-92. 2000-летняя почва								
A2	5-10	4,46	4,13	-	-	-	-	-
B1	10-25	5,26	4,44	-	-	-	-	-
Разрез 22-92. 2000-летняя почва								
A0	0-8	4,60	3,60	58,40	27,60	32,09	35,00	37,50
A2	8-16	4,56	3,79	1,98	2,71	57,78	22,50	2,10
B1	16-24	4,96	4,35	1,56	0,50	24,27	50,00	6,15
B2	24-34	5,34	4,55	1,20	1,82	60,26	20,50	1,10
Разрез 17-92. 1500-летняя почва								
A0A	0-1	5,28	3,94	14,90	5,89	28,33	2,50	11,27
A2	1-4	5,18	3,79	3,56	1,62	31,27	10,00	2,41
B1	4-11	5,38	4,32	4,34	0,63	12,72	7,50	1,69
B2	11-33	5,85	4,50	3,71	0,30	7,48	50,00	1,81
Разрез 27-94. 1200-1500-летняя почва								
A0	0-5	4,59	3,62	69,60	131,76	65,44	12,00	49,00
A2	5-9	4,35	3,31	3,26	3,65	52,81	6,20	2,10
B1	9-17	4,98	4,04	1,13	2,08	64,80	32,80	1,70
B2	17-45	5,24	4,32	2,02	3,45	63,07	29,25	1,70

Окончание табл. 6.7.

Горизонт, глубина,см		pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
		H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 13-92. 1400-летняя почва								
A0A	0-1	5,28	4,48	9,23	3,92	29,81	7,50	8,31
A2	1-6	5,29	4,10	2,41	1,94	44,60	2,50	2,11
B1	6-10	5,54	4,64	11,70	0,30	2,50	62,50	2,41
B2	10-33	5,55	4,38	5,61	0,63	10,09	62,50	2,41
[A]	33-35	5,43	4,69	5,73	1,94	25,30	10,00	4,22
[A2]	35-46	5,92	5,40	0,89	0,96	51,90	2,50	1,21
[B1]	46-73	5,66	4,53	3,40	0,30	8,10	150,0	2,71
Разрез 23-94. 500-летняя почва								
A0	0-1	5,24	4,27	1,20	3,60	75,00	14,00	38,80
A1A2	1-6	5,90	4,11	3,33	4,20	55,77	11,12	1,80
B1	6-8	4,44	4,28	2,74	3,20	53,87	26,37	2,92
B2	8-33	5,23	4,61	1,63	3,80	69,98	9,87	1,80
[A1A2]	33-43	5,85	3,96	1,74	4,00	69,68	4,75	2,90
[B1]	43-65	6,54	4,66	1,90	4,20	68,85	20,62	1,20
[BC]	65-94	6,70	5,02	0,78	3,60	82,19	3,12	0,80
[C]	>94	6,63	4,76	0,73	3,40	82,32	6,50	0,80

обваловки). С глубиной обменная кислотность также уменьшается. Распределение как обменной, так и актуальной кислотностей по почвенному профилю показывает, что наибольшей кислотностью характеризуются верхние горизонты A0, A0A1, A2. Это подтверждает факт поступления основной части водородных ионов на поверхность почвы из растительного опада и их последующее участие в подкислении всего профиля.

Проследим изменение абсолютных значений pH_{H2O} и pH_{KCl} с возрастом почв. Актуальная кислотность изменяется следующим образом. В подзолистом горизонте фоновых почв значения pH составляют 4,73—5,19; в изучаемых разновозрастных почвах оборонительных валов размах колебаний в горизонтах A2 шире (4,30—5,90), но большинство значений близки между собой. Самые высокие значения pH найдены в молодых почвах: в 500- и 1400-летних почвах они составляют 5,90 и 5,29. Наблюдается тенденция уменьшения значений с возрастом (4,30—5,18 в 1500- и 2500-летних почвах), но отчетливой закономерности в зависимости от времени почвообразования не прослеживается.

Таблица 6.8.

Химическая характеристика разновозрастных почв на обваловках жилищных впадин. Барсова гора

Горизонт, глубина,см	pH		H^+	S	V, %	P_2O_5	K_2O
	H_2O	KCl	мг-экв/100 г почвы			мг/100г почвы	
Разрез 28-92. 6000-летняя почва							
A0 0-1	4,55	3,99	61,00	45,30	42,62	65,00	37,50
A0A1 1-2	4,61	3,23	52,40	27,60	34,50	12,00	4,50
A2 2-6	4,47	3,17	1,13	1,38	54,98	2,10	1,80
B1 6-12	5,28	3,80	2,92	9,40	76,30	63,50	1,50
B2 12-33	5,56	4,54	3,05	2,27	42,67	43,50	2,40
Разрез НВ. 5000-летняя почва							
A1A2 0-2	4,30	3,26	7,28	3,80	34,29	5,50	2,20
A2 2-6	5,01	3,51	3,13	3,80	54,83	3,25	1,80
B1 6-11	5,63	4,16	5,48	4,20	43,38	41,00	2,60
B2 11-34	5,75	4,46	2,31	4,6	66,57	56,25	1,20
B3 34-53	5,27	4,17	2,46	3,60	61,96	35,37	1,80
BC 53-65	5,28	4,23	2,21	-	-	41,00	2,20
Разрез 30-92. 4000-летняя почва							
A0A1 0-1	4,81	3,42	105,00	54,10	34,00	300,00	455,00
A2 1-6	5,09	3,81	1,43	1,82	56,00	20,00	0,70
B1 6-10	4,90	4,36	2,62	1,38	34,50	50,00	1,40
B2 10-20	5,52	4,64	1,43	1,38	49,11	130,50	1,20
Разрез 29-92. 3000-летняя почва							
A0 0-1	4,58	3,68	61,00	45,30	42,62	22,00	14,00
A0A 1-2	4,59	3,39	266,0	36,40	12,04	22,00	14,00
A2 2-6	4,54	3,61	1,78	1,38	43,67	2,40	1,80
B1 6-8	5,02	4,41	2,62	1,38	34,50	56,00	1,40
B2 8-15	5,29	4,55	1,98	1,82	47,89	26,20	1,40
B3 15-35	5,24	4,45	1,78	1,38	43,67	26,00	2,00
Разрез 14-94. 2500-летняя почва							
A0 0-2	4,77	4,04	45,00	80,80	64,23	8,15	58,00
A1A2 2-4	4,58	3,56	3,05	3,84	55,76	0,90	2,10
B1 4-11	5,06	4,45	2,35	2,67	53,17	9,25	2,10
B2 11-17	5,33	4,73	1,40	3,26	69,93	5,45	1,70
Разрез 18-92. 500-летняя почва							
A0 0-1	4,14	3,92	61,00	54,10	47,00	51,00	25,00
A0A1 1-2	4,40	3,37	180,80	54,10	23,03	50,00	7,50
A2 2-5	4,57	3,68	1,98	1,38	41,07	5,00	2,10
B1 5-11	5,34	4,23	1,78	2,27	56,05	112,50	2,50
B2 11-31	5,75	4,42	1,23	2,27	64,86	22,70	2,50

В почвах обваловок все значения актуальной кислотности подзолистых горизонтов входят в пределы для фоновых почв. У более молодых 500—3000-летних почв pH_{H2O}, наоборот, меньше, чем у 4000—5000-летних почв (4,54—4,58 по сравнению с 5,09—5,01), снижается в 6000-летней почве (4,47) и вновь увеличивается в фоновых.

В горизонте В1 в фоновых почвах pH_{H2O} составляет 4,51—4,27. В почвах валов в данном горизонте кислотность в целом ниже (значения pH в большинстве случаев выше — 4,44—5,57), но отчетливо выраженной закономерности в зависимости от возраста не найдено. В почвах обваловок наблюдается меньшая кислотность, чем в фоновых почвах, внутри хроноряда существенных отличий нет.

Изменение обменной кислотности с возрастом почв носит сходный характер. В подзолистых горизонтах почв оборонительных валов более высокие значения pH наблюдаются в почвах 500—1400 лет (4,11—4,10), а более низкие — в почвах старшего возраста и в фоновых, однако между 1500—2500-летними и фоновыми почвами существенных отличий нет. В почвах обваловок при близких значениях pH закономерности в пределах ряда 2500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 лет не выявлено, но при сопоставлении с почвами оборонительных валов можно говорить о повышенной кислотности подзолистого горизонта всех изучаемых почв возрастом 2500 лет и старше.

В иллювиальном горизонте В1 заметных различий и закономерности в пределах обоих хронорядов не наблюдается: значения колеблются от 3,57 до 4,64 в 500—2500-летних почвах валов, от 3,80 до 4,45 в 500—6000-летних почвах обваловок и от 4,27 до 4,51 в фоновых почвах.

Сходство закономерностей в изменении обменной кислотности позволило нам объединить разные профили из хронорядов почв валов и обваловок. В обобщенном ряду 1400 — 1500 — 2200 — 3000 — 6000 лет — фоновая почва изменение обменной кислотности выявляется особенно наглядно (рис.6.3). На-

блюдается повышение кислотности в горизонтах А0 и А2 с увеличением времени почвообразования. Так, по отношению к 1400-летней почве в ряду 1500 — 2200 — 3000 — 4000 — 6000 лет в горизонте А0 увеличилась кислотность соответственно указанным возрастам почв в 3,47 — 3,09 — 6,31 — 11,48 — 17,78 раза; в горизонте А2 — соответственно в 2,04 — 2,09 — 3,09 — 6,17 — 8,51 раза. Для горизонта В1 это увеличение с возрастом выражено значительно слабее: 2,09 — 2,29 — 1,70 — 1,90 — 6,92 раза и только у 6000-летней почвы оно максимально — 6,92 раза.

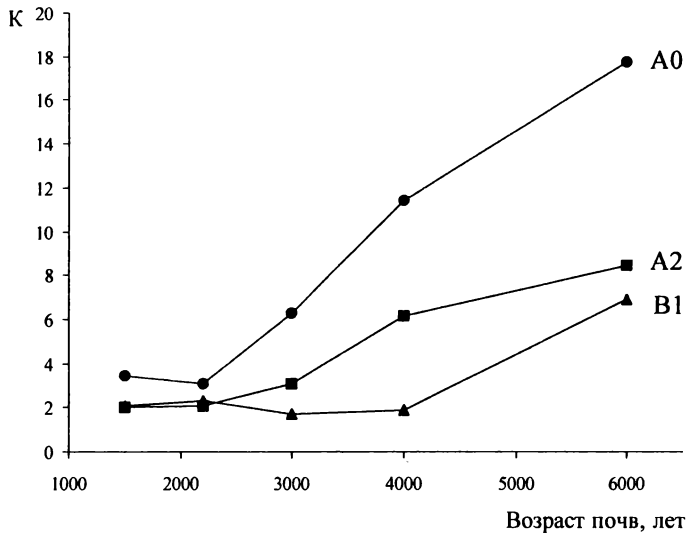


Рис. 6.3. Отношение обменной кислотности в почвах разных возрастов к 1400-летней почве (К).

Таким образом, по абсолютным значениям актуальной и обменной кислотностей наблюдается ее уменьшение от верхней части профиля (органогенные горизонты и А2) к нижним мине-

ральным горизонтам. В возрастных рядах почв в горизонтах В1 выявляется тенденция более высоких значений актуальной кислотности (ниже значения pH_{H2O}) в фоновых почвах по сравнению с изучаемыми разновозрастными почвами, подобная тенденция выявляется для актуальной кислотности в горизонтах А2 500– 2500-летних почв оборонительных валов. С увеличением времени почвообразования от 500 до 6000 лет прослежено возрастание обменной кислотности в горизонтах А0 и А2, менее выраженное в горизонте В1. Отчетливой закономерности по значениям pH_{KCl} в иллювиальных горизонтах в зависимости от возраста изучаемых почв не наблюдается.

Дифференциацию профиля отражают соотношения концентрации водородных ионов в разных горизонтах (табл. 6.9). В почвах всех возрастов коэффициенты дифференциации больше единицы. Это означает, что как актуальная, так и обменная кислотности в горизонтах А2 (или А1А2) выше по сравнению с В1. В фоновых почвах кислотность в горизонте А2 больше по сравнению с В1 в 3,89–1,23 раза по актуальной кислотности и в 9,77–2,83 раза — по обменной. В изучаемых разновозрастных почвах актуальная кислотность в подзолистом горизонте превышает в 1,41–6,46 раза таковую в горизонте В1, а обменная — в 1,48–9,55 раза. Коэффициенты дифференциации А2/В2 больше по сравнению с А2/В1. Это означает, что кислотность в горизонтах В1 по отношению к элювиальному горизонту выше, чем в горизонтах В2, наименее захваченных почвообразованием.

При рассмотрении соотношений кислотности А2/В1 в возрастных рядах оборонительных валов видим, что большинство значений коэффициентов почв меньшего возраста (500–2200 лет) входят в пределы колебаний значений коэффициентов в наиболее старшей группе 2500-летних почв и в пределы значений для фоновых почв. В зависимости от времени почвообразования по отношению активности водородных ионов в горизонтах А2 и В1 в хронорядах почв оборонительных валов и обваловок отчетливой закономерности не наблюдается.

Таблица 6.9.

Отношение концентраций водородных ионов в горизонтах А2 и В1 в почвах Барсовой горы

Показатель	Оборонительные валы городищ						
	Возраст почв, лет						Фоновая почва*
	500	1400	1500	2000*	2200	2500*	
pH_{H2O}	0,03	1,78	1,58	4,41 (2,51-6,31)	2,19	2,98 (1,41-3,98)	2,56 (1,23-3,89)
pH_{KCl}	1,48	3,47	3,39	2,83 (2,04-3,63)	3,16	4,99 (2,00-9,55)	6,33 (2,88-9,77)
	Обваловки жилищных впадин						
Показатель	Возраст почв, лет						Фоновая почва*
	500	2500	3000	4000	5000	6000	
pH_{H2O}	5,89	3,02	3,02	0,65	4,17	6,46	2,56 (1,23-3,89)
pH_{KCl}	3,55	7,76	6,31	3,55	4,47	4,27	6,33 (2,88-9,77)

* — *средние значения коэффициентов; в скобках — размах колебаний.*

В процессе почвообразования изменение кислотности является результатом не только перераспределения водородных ионов между горизонтами, но также и постоянного поступления кислых веществ в почвы и одновременного подкисления всех горизонтов, включая А2 и В1. Возможно, по этой причине КД А2/В1 по кислотности не отражают временных изменений в почвах.

Таким образом, в почвах Барсовой горы установлены следующие возрастные изменения по кислотности: увеличение абсолютных значений обменной кислотности подзолистых горизонтов в хроноряду от 500 до 6000 лет, а также более высокие значения актуальной кислотности в горизонтах В1 фоновых почв по сравнению с разновозрастными почвами памятников. Этот вывод согласуется с таковым для Ендырских памятников.

Обобщая результаты по разновозрастным почвам двух групп памятников, подчеркнем следующее. Почвообразование в изучаемых почвах протекает в кислой среде, что характерно для зональнх подзолистых почв. Тип профильного распределения кислотности

сходен в формирующихся и фоновых почвах, при этом максимальные значения кислотности характерны для верхней части профиля (лесные подстилки, горизонты А1А2, А2), с глубиной кислотность уменьшается. В обоих случаях выявляется тенденция нарастания актуальной кислотности с увеличением времени почвообразования от 400—500 до 5000—6000 лет, а в почвах Барсовой горы — нарастание обменной кислотности горизонтов А2.

Дифференциация профиля прослеживается по коэффициентам дифференциации. Для почв Ендырских памятников выявлен сложный характер изменения профильной дифференциации с максимальным значением КД в 400-летних почвах в хроноряду от 15 до 5000 лет. В почвах Барсовой горы отчетливых закономерностей их изменения с возрастом не найдено. В связи с этим определение характерного времени по актуальной и обменной кислотностям почв вызывает сложность, так как в связи с колебаниями значений КД в почвах близкого возраста невозможно сделать вывод о степени завершенности процесса. Почвы Ендырских памятников по актуальной кислотности на основе КД к 5000 годам не достигают фонового состояния, что наряду с выявленной тенденцией нарастания абсолютных значений кислотности в двух группах памятников позволяет предполагать, что ХВ по данному показателю велико и составляет несколько тысяч лет (5000—6000 лет и более).

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ КИСЛОТНОСТЬ

Информацию о полном содержании водородных ионов можно получить на основании данных гидролитической кислотности (табл.6.2—6.4; 6.7—6.8).

Почвы Ендырских памятников

Фоновые почвы различаются по величине гидролитической кислотности (H^+): в почвах под ельниками она больше, чем под сосняками. В почвах под ельниками H^+ мало изменяется по профилю и составляет 11,40—12,37 мг-экв/100 г почвы, лишь глуб-

же 65 см снижается до 8,97, а затем до 3,54 мг-экв/100 г почвы. В почвах сосняков она минимальна в верхней части профиля в горизонте А2 — 3,16 мг-экв/100 г почвы, в В1 достигает максимального значения — 9,82 мг-экв/100 г почвы, глубже уменьшается до 7,00 и 7,33 мг-экв/100г. По другим данным (Копосов, 1976) кислотность почв усиливается при утяжелении механического состава. В элювиальном горизонте это увеличение происходит за счет H^+ и Al^{3+}, содержание которых здесь достигает 75% от емкости поглощения.

Все рассмотренные почвы сосняков характеризуются сходным распределением гидролитической кислотности по профилю, которое имеет ЭС-образную форму с максимальным содержанием в подстилках, минимальным — в горизонтах А2 при дальнейшем увеличении ее в горизонтах В1 и снижении в В2. В ельниках подобное распределение наблюдается в разрезах 2—98 и 4—98 (400- и 3000-летние почвы), при этом разница в величинах H^+ между элювиальными и иллювиальными горизонтами незначительна. В разрезах 4—97 и 3—98 (400 лет и фон) кислотность уменьшается от горизонта А2 к горизонтам В1 и В2.

Общей четкой зависимости в абсолютных величинах гидролитической кислотности от возраста не наблюдается. Однако при сравнении разновозрастных почв на однотипных памятниках в верхних горизонтах (10—15 см) можно отметить тенденцию к увеличению гидролитической кислотности с возрастом почв. Так, например, у почв на оборонительных валах кислотность возросла с 1,17 мг-экв/100г почвы у 1500-летней почвы до 5,73 у 2700-летней. Такая же зависимость наблюдается в слое 15—20 см: 7,36 и 10,47 мг-экв/100г соответственно. У почв на обваловках жилищ абсолютные значения гидролитической кислотности меньше, чем на валах, и изменяются следующим образом: с 1,47 у 2500-летней почвы до 2,00—5,50 мг-экв/100г у 5000-летней в слое до 15 см. Подобной зависимости в почвах под ельниками не найдено.

По гидролитической кислотности мы также вычисляли коэффициенты дифференциации (КД), представляющие собой отношение данной величины в горизонтах А2 и В1 и отражающие

степень дифференциации почвенного профиля на элювиальную и иллювиальную части. По гидролитической кислотности КД не обнаруживают закономерных изменений ни в одном из хронорядов: КД изменяется 0,16 — 0,55 — 0,32; 0,30 — 0,36 — 0,32; 0,91 — 1,81 — 0,87 — 1,05 в рядах 1500 — 2700 лет — фон; 2500 — 5000 лет — фон; 400 — 400 — 3000 лет — фон.

Таким образом, четкой единой зависимости от возраста у 400—5000-летних почв по величине гидролитической кислотности не обнаружено, хотя имеется тенденция к увеличению кислотности в зональной почве по сравнению с 1500—5000-летними почвами по ее абсолютным значениям.

Почвы Барсовой горы

В отношении профильного распределения гидролитической кислотности наблюдается обратная зависимость по сравнению с актуальной и обменной типами кислотности: в минеральной части профиля минимальным содержанием характеризуются элювиальные горизонты (1,82; 2,16 и 0,85 мг-экв/100г в фоновых почвах разрезов 13—94; 22—94 и 3Б соответственно), максимальное количество H^+ приурочено к иллювиальным горизонтам (2,02; 3,48 и 2,41 мг-экв/100г в соответствующих разрезах) при дальнейшем уменьшении с глубиной (табл. 6.7). Подстилки характеризуются высокими значениями гидролитической кислотности (3,19; 9,44; 61,00 мг-экв/100г).

Значения гидролитической кислотности в почвах оборонительных валов и обваловок сопоставимы с величинами в фоновых почвах. Повышены значения в нескольких разрезах: в 1400-летней почве (разрез 13—92) содержание достигает 2,41—11,7 мг-экв/100 г почвы, в 1500-летней почве (разрез 17—92) 3,56—4,32 мг-экв/100г почвы. Однако эти отличия невелики и их трудно связать с возрастом почв, поскольку в почве такого же возраста (разрез 27—95, 1200—1500 лет), а также как в более молодых, так и в более старых почвах значения гидролитической кислотности близки к фоновым. Отметим также, что в подстилках изучаемых разновозрастных почв количество H^+ превышает количество в

фоновых разрезах 13—94 и 22—94 и составляет от 34,80 до 180,80, в одном случае — до 266,00 мг-экв/100г почвы, однако эти величины соответствуют значениям в подстилках фоновых и разновозрастных почв Ендырских памятников.

Профильное распределение гидролитической кислотности не однотипно. В большинстве случаев оно соответствует распределению в фоновых почвах: максимальное содержание — в подстилках, минимальное — в элювиальных горизонтах, при последующем увеличении в В1 и снижении в горизонтах В2. Подобное распределение не обнаружено в разрезах 23—94, 18—94 (500 лет), 27—94 (1200—1500 лет), 22—92 (2000 лет), 14—94, 15—92, 20—92 (2500 лет), в которых кислотность уменьшается от горизонта А2 вниз по профилю. Данные различия трудно связать с возрастом изучаемых почв.

Разные типы распределения гидролитической кислотности отражают также применяемые нами коэффициенты дифференциации: в почвах с минимальным содержанием кислотности в элювиальных горизонтах КД<1, в почвах с убывающим содержанием КД>1. В почвах обваловок с увеличением возраста коэффициенты уменьшаются: 1,11 — 1,30 — 0,68 — 0,55 — 0,57 — 0,39 — 0,35 в ряду 500 — 2500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 лет — фоновая почва (разрез 3Б), при этом степень дифференциации 6000-летней почвы соответствует фоновой. Однако в других фоновых почвах разрезов 13—94 и 22—94 КД вновь повышается до 0,90 и 0,62 соответственно и ближе всего к КД 3000-летней почвы. В целом с возрастом происходит усиление степени внутрипрофильной дифференциации по гидролитической кислотности. В почвах оборонительных валов данная закономерность выражена менее отчетливо: КД>1 встречаются как в более молодой 500-летней почве, так и в более старых (1200—1500-летней, 2000-летней и некоторых 2500-летних) почвах. Рассматривая только те разрезы, в которых сформировался элювиально-иллювиальный тип распределения гидролитической кислотности, отметим, что почвы 1500-летнего возраста (КД=0,82) достигают той же степени дифференциации, что и фоновые почвы, и значения коэффициентов в 1500—2500-летних почвах изменяются в

тех же пределах, что и в фоновых почвах (от 0,42 до 0,82 по сравнению с фоновыми от 0,35 до 0,90), а в профиле 1400-летней почвы дифференциация более резкая, чем фоновая (КД составляет 0,21).

Таким образом, единой зависимости от возраста по абсолютным величинам гидролитической кислотности в 400—5000-летних и 500—6000-летних почвах двух рассмотренных групп памятников не обнаружено. В почвах Ендырских памятников выявлена тенденция увеличения кислотности в зональных почвах по сравнению с 1500—5000-летними почвами по ее абсолютным значениям, в то время как для почв Барсовой горы подобная тенденция отсутствует. Величины КД свидетельствуют о том, что почвы оборонительных валов Барсовой горы, начиная с 1500 лет и старше, достигают той же или еще более сильно выраженной степени внутрипрофильной дифференциации, которая наблюдается в фоновых почвах. В почвах обваловок КД уменьшаются в ряду от 500 до 6000 лет, но после 3000-летнего возраста входят в пределы значений для фоновых почв. Изменения коэффициентов в хронорядах Ендырских памятников незакономерны, но в 2500- 5000-летних почвах обваловок значения близки к фоновому. Дифференциация 1500-летней почвы вала и 3000-летней почвы ельника выражена сильнее, чем в фоновых почвах. Объединяя все данные, затруднительно сделать вывод о конкретном времени достижения почвами зрелого состояния по гидролитической кислотности, но предположительно ХВ по рассматриваемому показателю составляет 1500—3000 лет.

ОБМЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ И СТЕПЕНЬ НАСЫЩЕННОСТИ ОСНОВАНИЯМИ

Почвы Ендырских памятников

Известно, что процесс образования подзолистых почв протекает на бедных основаниями породах и при низком их содержании в органических остатках, поступающих в почвы. Действительно, наши данные (табл.6.2, 6.3, 6.4) подтверждают это положение. В изучаемых почвах Ендырских археологических памятников содер-

жание обменных оснований очень низкое, в некоторых горизонтах они вообще не найдены. Наибольшие значения приурочены к лесным подстилкам: содержание обменных оснований достигает величин 30 мг-экв/100г почвы — под сосняками и 46,50 мг-экв/100г почвы — под ельниками. Но тем не менее даже в подстилках содержание оснований может быть очень низким, например 3,00—5,30 мг-экв/100г в разрезе 6—97 (2700 лет, сосняк), 5,30—7,70 мг-экв/100г — в разрезе 7—97 (2500 лет, сосняк), 3,70—16,2 мг-экв/100г в разрезе 1—97 (5000 лет, сосняк).

В минеральных горизонтах накопления оснований не происходит. Ельники отличаются более высоким содержанием оснований в минеральном профиле. Так, в фоновой почве сосняка сумма обменных оснований составляет 0—0,84 мг-экв/100г почвы, в одном из горизонтов достигает 11,4 мг-экв/100г. В фоновой почве ельника содержание оснований более равномерное и составляет 1,82—3,62 мг-экв /100г почвы. В разновозрастных почвах сосняков количество оснований не превышает фоновых значений: 0—0,53 мг-экв/100г. В почвах ельников их количество (2,99—3,93) также близко к фоновому, исключение составляет разрез 4—97 (0 мг-экв/100г).

В профильном распределении в минеральной части нет единой картины, но в большинстве рассмотренных почв содержание оснований несколько повышено в горизонтах А2, затем снижается в В1, еще глубже изменяется по-разному: в некоторых разрезах слегка увеличивается, в других продолжает уменьшаться.

По степени насыщенности основаниями почвы сосняков и ельников заметно различаются: в ельниках она выше, чем в сосняках. В сосняках степень насыщенности основаниями разновозрастных почв составляет в подстилках 2,14—18,4%, в минеральных горизонтах — 0—25,87%, в фоновой почве — 17,7—25,6% и 0—30,7% соответственно. В ельниках, за исключением разреза 4—97, степень насыщенности основанями в подстилках изменяется от 25,45 до 37,93%, в минеральных горизонтах — от 26,23 до 35,58%, в фоновой почве в подстилках — 19,68—32,21%, в минеральных горизонтах — 11,47—50,52%.

По количеству обменных оснований, степени насыщенности основаниями, профильному изменению данных показателей в почвах возрастом от 400 до 5000 лет не выявлено изменений, связанных с продолжительностью почвообразования.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы по данным показателям обнаружены аналогичные особенности (табл.6.7;6.8). Содержание обменных оснований очень низкое: в фоновых почвах составляет 3,0—4,6 мг-экв/100г почвы в минеральных горизонтах и 4,4—5,0 мг-экв/100г в подстилках. В разновозрастных почвах значительная доля оснований сосредоточена в подстилках, где их содержание достигает 62,90 мг-экв/100г. В условиях лесных экосистем в минеральных горизонтах почв, сформированных на изначально бедных породах, не происходит накопления оснований. Их содержание в разновозрастных почвах сопоставимо или часто еще ниже, чем в фоновых почвах: от 0,30 до 4,03 мг-экв/100г почвы, лишь в единичных случаях достигает более высоких значений: 9,40 мг-экв/100г в горизонте В1 6000-летней почвы и 6,75 мг-экв/100г в горизонте А1 2500-летней почвы разреза 25—92.

Профильное распределение оснований в разных почвах неоднотипно: в молодых почвах оборонительных валов возрастом 2000 лет и меньше содержание оснований повышено в горизонтах А1А2 и/или А2, в В1 количество оснований снижается, глубже или продолжает уменьшаться, или колеблется с некоторым повышением (КД = 1,31—5,42). В 2500-летних (за исключением разреза 29—95) и фоновых почвах происходит вымывание оснований из элювиальных горизонтов с накоплением в иллювиальных. В почвах обваловок минимальное содержание в горизонтах А2 наблюдается в почвах 5000, 6000 лет и в молодой 500-летней почве. Таким образом, в почвах на оборонительных валах возрастом 2500 лет и на обваловках возрастом 5000 лет и старше, как и в фоновых почвах, происходит формирование профиля с минимальным содержанием обменных оснований в элюви-

альных горизонтах. В более молодых почвах их количество в горизонтах А2 повышено по сравнению с В1.

Наряду с низким содержанием оснований в почвах степень насыщенности ППК основаниями довольно высока и составляет в подстилках фоновых почв 31,79–61,05%, в минеральных горизонтах — 49,41–80,00%; в подстилках разновозрастных почв — 32,09–80,28%, в минеральных горизонтах сильно варьирует от 2,5 до 76,30%. Почти во всех разрезах более насыщены основаниями элювиальные горизонты по сравнению с иллювиальными, что связано с большими значениями в последних гидролитической кислотности.

Как и для Ендырских памятников, в почвах Барсовой горы не обнаружено зависимости количества обменных оснований, степени насыщенности основаниями от длительности процесса формирования почв в пределах от 500 до 6000 лет. В более старших по возрасту 2500-летних почвах валов и 5000-летних и старше почвах обваловок, подобно фоновым, сформировался элювиально-иллювиальный тип распределения оснований, чего не наблюдается в почвах меньшего возраста. Все же, по имеющимся данным установить ХВ для данных показателей не удается.

ПОДВИЖНЫЕ ФОСФАТЫ

Фосфор играет особую роль в жизни организмов и в биосфере в целом. Как уже указывалось, в лесных экосистемах все питательные элементы «перехватываются» поверхностными корневыми системами и микроорганизмами практически на месте их высвобождения из разлагающихся органических остатков, что уменьшает потери элементов вследствие миграции в условиях кислой среды и при промывном водном режиме.

Почвы Ендырских памятников

Действительно, если рассмотреть распределение фосфора по профилю, увидим, что подвижные фосфаты накапливаются в больших количествах в лесных подстилках: сосновые леса — 25,60–

45,50 мгP_2O_5/100г, еловые леса — 14,06–56,25 мг P_2O_5/100г (см. табл. 6.2, 6.3, 6.4). В минеральных горизонтах его содержание резко снижается и составляет в фоновых почвах сосняков 0,23–5,64 мгP_2O_5/100г, в переходном горизонте А0А1 — 9,0 мг P_2O_5/100г, в фоновой почве ельника — 0,53–14,41 мгP_2O_5/100г.

Фосфор относится к числу элементов, вносимых человеком в почвы в местах проживания. Хотя мы и пытались выбирать «чистые» участки, все же в некоторых горизонтах изучаемых почв фиксируется повышенное количество подвижных фосфатов. В разрезе 1–97 (5000-летняя почва на обваловке жилища) на глубине 15–35 см их содержание достигает 20,05 мг P_2O_5/100г, в разрезе 7–97 (2500-летняя почва на обваловке жилища) — 63,9 мг P_2O_5/100г, в разрезе 6–97 (2700-летняя почва на оборонительном валу) на глубине 12–18 см — 65,2 мг P_2O_5/100г, глубже — 44,2 и 50,5 мг/100г, что значительно превышает фоновые значения. В почвах ельников превышение по сравнению с фоновыми значениями не столь значительное, содержание подвижных фосфатов в 400-летних почвах составляет 4,74–15,98 мг P_2O_5/100г, хотя в 3000-летней почве достигает 37,61 мг P_2O_5/100г. Повышенное содержание объясняется антропогенным поступлением фосфора в почвы.

Процесс накопления фосфора в местах проживания людей, происходивший уже в древние эпохи, и вариабельность содержания подвижных фосфатов в почвах археологических памятников показана нами ранее (глава 5.2.).

Несмотря на повышенное содержание фосфора в некоторых горизонтах, на изучаемых объектах наблюдается процесс его дифференциации по почвенному профилю, подобный зональному. Фоновые почвы имеют типичную для подзолистых почв ЭС-образную форму профильного распределения с максимальным содержанием в подстилках, минимальным — в элювиальных горизонтах и повышенным — в иллювиальных. Так же, как и у фоновых почв, распределение фосфатов в разновозрастных почвах имеет ЭС-образную форму.

Степень внутрипрофильного перераспределения оценивалась по коэффициентам дифференциации (КД). В почвах сосняков КД имеют следующие значения: на оборонительных валах — 0,16 — 0,03 — 0,04 в ряду 1500-летняя — 2700-летняя — фоновая почва; на обваловках — 0,03 — 0,06 — 0,04 в ряду 2500-летняя — 5000-летняя — фоновая почва. Таким образом, под сосняками на обваловках и оборонительных валах к 2500 годам степень профильной дифференциации фосфора соответствует фоновой. Под ельниками различия в распределении фосфора по горизонтам выражены значительно меньше, вследствие чего КД у фоновой почвы равен 0,68 (под соснякаами 0,04). В ряду 400 лет (разрез 4—97) — 400 лет (разрез 2—98) — 3000 лет — фон КД изменяется 0,30 — 0,99 — 0,82 — 0,68, то есть 400-летняя почва разреза 4—97 отличается более сильной дифференциацией. По полученным данным соответствие степени дифференциации фосфатов фоновой почве наступит у почв ельников старше 3000 лет.

Следовательно, в изучаемых почвах археологических памятников происходит профильная дифференциация подвижных фосфатов по зональному типу. В почвах сосняков КД к 2500 годам соответствуют фоновому значению. В ельниках в фоновых почвах и в почвах памятников различия между элювиальными и иллювиальными горизонтами выражены слабее, и дифференциация профиля происходит медленнее: КД не достигает фонового состояния к 3000 годам.

Почвы Барсовой горы

По содержанию подвижных фосфатов почвы Барсовой горы характеризуются как типичными для подзолистых почв чертами, так и сильной вариабельностью содержания фосфора в связи с его антропогенным поступлением.

Значительная часть почвенных фосфатов сосредоточена в лесных подстилках, их содержание в горизонтах А0 составляет 6,50—85,00 мг P_2O_5/100г почвы (см. табл. 6.7; 6.8). Минеральные горизонты фоновых почв в отличие от фоновых почв

террасы р.Ендырь характеризуются повышенным содержанием подвижных фосфатов: 1,00—35,00 мг/100г почвы: возможно, данное также связано с антропогенным привнесением фосфора на поверхность почв, тем более что территория Барсовой горы в современное время более освоена и доступна для человека, и мы находим повышенные концентрации фосфатов в поверхностных слоях даже тех почв, которые принимаем за ненарушенные. В минеральных горизонтах разновозрастных почв концентрации P_2O_5 также сильно варьируют: 0,90—130,0 мг/100г. На данных объектах мы пытались выбирать относительно «чистые» участки, однако на территориях, освоенных человеком, неизбежно повышенное содержание фосфатов с их закреплением и удержанием в почвах в течение длительного времени.

Тем не менее, независимо от общего количества фосфора в почвах, происходит заметная дифференциация профиля по элювиально-иллювиальному типу с формированием минимума в горизонте А2 и максимума — в В1 как в фоновых, так и в разновозрастных почвах памятников (исключение составляет разрез 17—92, 1500-летняя почва).

Низкие значения КД в фоновых почвах (0,03—0,05) демонстрируют очень сильную степень дифференциации профилей по содержанию подвижных фосфатов. В почвах оборонительных валов наименее дифференцированы профили в молодых почвах — 500-летней, 1200—1500-летней и 2000-летней почвах (КД равны 0,42; 0,19; 0,45 соответственно, если не рассматривать уже упоминавшуюся как исключение 1500-летнюю почву, КД=1,33). В группе почв старше 2000 лет (2200 и 2500 лет) степень дифференциации намного сильнее (КД колеблются от 0,02 до 0,11). Из 8 рассматриваемых разрезов данного возраста лишь один нарушает закономерность хроноряда (разрез 15—92, КД=0,73), в большинстве случаев дифференциация профилей соответствует таковой в фоновых почвах. На основании КД считаем, что почвы оборонительных валов достигают зрелого состояния к возрасту 2500 лет.

Почвы обваловок подтверждают полученную закономерность. Для 2500–6000 летних почв в пределах хроноряда КД колеблются от 0,03 до 0,09, в фоновых почвах составляют 0,03–0,05, но при этом даже в молодой 500-летней почве КД=0,09 также соответствует фоновому. Единственное высокое значение КД=0,40 в 4000-летней почве объясняется, по-видимому, современным антропогенным загрязнением ее поверхности соединениями фосфора. Очень высокое содержание фосфора (300 мгP_2O_5/100г) в подстилке данного разреза повлекло за собой увеличение концентрации в слое непосредственно под подстилкой — в горизонте А2, где содержание подвижных фосфатов достигает 20 мг/100г почвы, что намного выше, чем в элювиальных горизонтах основной части рассматриваемых почв.

В итоге необходимо отметить, что, с одной стороны, заметно антропогенное влияние на почвы, отражающееся в повышенных концентрациях фосфора в некоторых слоях и горизонтах почв оборонительных валов, укреплений жилищ и, как следствие, сильное варьирование данной величины в изучаемых почвах, а с другой стороны, несмотря на высокое содержание фосфора, в почвах протекает процесс дифференциации с формированием элювиально-иллювиального профиля, соответствующего таковому в зональных почвах. В почвах сосняков Ендырских памятников и Барсовой горы степень дифференциации профиля ярко выражена, а коэффициенты дифференциации А2/В1 к 2500 годам достигают фоновых значений. В почвах ельников дифференциация профилей происходит медленнее и даже в 3000-летней почве не соответствует фоновой. На основании имеющихся данных по разным объектам, мы можем сделать вывод о том, что ХВ для подвижных фосфатов почв сосняков составляет 2500 лет.

ОБМЕННЫЙ КАЛИЙ

Калий, как и фосфор относится к важнейшим питательным элементам. Его содержание и распределение в почвах определяется особенностями биологического круговорота и хорошей миграционной способностью.

В рассматриваемых почвах значительные количества калия сосредоточены в лесных подстилках (см. табл. 6.2; 6.3; 6.4), где его содержание колеблется от 106 до 252 мг K_2O/100г в сосняках и от 58 до 267 мг K_2O/100г в ельниках. В минеральных горизонтах калия существенно меньше — от 0,9 до 12 мг K_2O/100г в почвах сосняков и от 2,09 до 10,3 мг K_2O/100г в почвах ельников. Между фоновыми и разновозрастными почвами различий в абсолютном содержании обменного калия не обнаружено.

Еще раз подчеркнем химические характеристики лесных подстилок. Роль подстилок в жизни подзолистых почв нельзя переоценить. Именно в них сосредоточены основные запасы различных питательных элементов, оснований и органического вещества почв. Особенно их значение возрастает на бедных песчаных породах. В то же время лесные подстилки характеризуются низкой зольностью (табл. 6.17) и кислыми значениями pH, что указывает на содержание в них легкоподвижных агрессивных кислот, способных активно воздействовать на минеральные компоненты почвенного профиля. Таким образом, лесные подстилки являются важным компонентом лесных экосистем и важным звеном в формировании химических свойств почв.

Фоновые почвы характеризуются ЭС-образным профильным распределением обменного калия с максимальным содержанием в подстилках, минимальным — в элювиальных горизонтах A2 и повышенным — в горизонтах B1. Под сосняками подобный тип распределения калия сформировался в почвах всех возрастов — от 1500 до 5000 лет, под ельниками данный тип распределения характеризует 3000-летнюю почву, в то время как в двух 400-летних наблюдается уменьшение содержания при переходе от подстилок к горизонтам A1A2 и далее к горизонтам B1, т.е. по распределению обменного калия профиль молодых 400-летних почв является несформированным.

Величины КД свидетельствуют о том, что фоновые почвы имеют более дифференцированный профиль по сравнению с разновозра-

стными почвами памятников. В почвах оборонительных валов КД уменьшается от 0,83 в 1500-летней почве, до 0,75 — в 2700-летней и до 0,41 — в фоновой. В почвах обваловок в ряду 2500 — 5000 лет — фон уменьшение не является постепенным (0,63 — 0,87 — 0,41), но все же КД имеет наименьшее значение в фоновой почве. В почвах ельников с возрастом (400 — 400 — 3000 лет — фон) КД уменьшается (0,99 — 1,66 — 0,62 — 0,58). Таким образом, ни в одной из изучаемых почв КД не достиг фонового значения.

В целом мы можем сказать, что начиная с 1500 лет в почвах сформировался тип профильного распределения обменного калия, характерный для фоновых подзолистых почв. В 400-летних почвах еще не сформировался зональный тип распределения, в остальных случаях степень дифференциации 1500—5000-летних не достигает фонового состояния.

Почвы Барсовой горы

Максимальные количества обменного калия сосредоточены в лесных подстилках — от 14,6 до 19,8 мг K_2O/100г в фоновых почвах и от 14,00 до 63,00 мг K_2O/100г в разновозрастных почвах валов и укреплений жилищ (см. табл. 6.7; 6.8). Лишь в разрезе 30—92 4000-летней почвы его содержание достигает 455 мг/100г в том же горизонте, где обнаружено высокое содержание подвижных фосфатов, которое мы объяснили современным антропогенным привнесением.

В распределении обменного калия в минеральных горизонтах не обнаружено единой закономерности. В профилях фоновых почв разрезов 22—94 и 3Б минимальное содержание приурочено к горизонтам А2, максимальное — к В1, вниз по профилю происходит снижение концентрации или (разрез 22—94) наблюдаются колебания с понижением и повышением до значений горизонта В1. Данные по фоновому разрезу 13—94 неполные, но в целом значения увеличиваются от А2 вглубь.

В почвах оборонительных валов резкая дифференциация по элювиально-иллювиальному типу найдена в 500-летней почве

(КД=0,06). В группе почв от 1200 до 1500 лет, за исключением разреза 13—92, максимальные концентрации обнаружены в горизонтах А2, со снижением в В1 и дальнейшим повышением или понижением в В2. Коэффициенты дифференциации А2/В1 составляют от 1,12 до 1,43. С возрастом происходит вымывание K_2O из элювиальных горизонтов и в 2000—2500-летних почвах КД изменяются от 0,47 до 0,91 (в разрезе 27—92 до 1,00), но ни в одном профиле не достигают значений фоновых почв.

В хроноряду почв обваловок и укреплений жилищ не выявлено единой закономерности. В ряду 500 — 2500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 — фон КД изменяются следующим образом: 0,84 — 1,00 — 1,29 — 0,50 — 0,69 — 1,20 — (0,11—0,18). Как показывают КД, встречаются разные типы распределения обменного калия: первый — с накоплением в горизонтах А2 и второй — с вымыванием калия из данного горизонта.

Таким образом, общей особенностью в содержании и распределении обменного калия по профилю почв всех изучаемых археологических памятников являются повышенные концентрации K_2O в подстилках и низкие значения в минеральном профиле. В большинстве случаев происходит дифференциация профиля по зональному типу, однако в ряде разрезов вне зависимости от возраста подобное распределение не встречается: в 1500-летней почве валов, 2500-, 3000-, 6000-летних почвах обваловок жилищ Барсовой горы и 400-летних почвах Ендырских памятников.

В связи с высокой подвижностью калия, казалось бы, дифференциация профиля должна происходить очень быстро, и ХВ должно быть невелико, однако как в 1500—5000-летних почвах Ендырских памятников, так и 2000—5000-летних почвах Барсовой горы степень внутрипрофильной дифференциации слабее, чем в фоновых почвах.

АМОРФНЫЕ ФОРМЫ ЖЕЛЕЗА

Одним из самых главных диагностических признаков подзолистых почв является очень четкая дифференциация профиля по

полуторным оксидам и илу. В биоклиматических условиях таежной зоны продукты превращения растительных остатков отличаются ярко выраженной способностью вступать в комплексные соединения с железом и алюминием. Их совместная Al-Fe-гумусовая миграция — ведущий ЭПП подзолистых почв («Элементарные...», 1992). Наблюдаемый результат процесса — формирование обособленных элювиального и иллювиального горизонтов. Весь минеральный материал элювиального горизонта осветлен, отбелен, лишен красящих пленок, горизонт обеднен окислами железа и алюминия и остаточно обогащен кремнеземом. Иллювиальный горизонт обладает противоположными характеристиками — ярко окрашен, окраска создается за счет охристо-бурых пленок вокруг отдельных зерен кварца и других минералов.

Несмотря на многие неясности, большинство исследователей принимают оксалатрастворимое железо по Тамму за эквивалент аморфного (цит. по Зонну, 1982). Кроме того, оно подразделяется на собственно аморфные и гумусово-аморфные соединения. Аморфные формы находятся преимущественно в коллоидальном состоянии. Они входят в состав ила или образуют пленки на поверхности элементарных частиц почв (особенно железогумусовые формы, относительно более подвижные в кислой среде). Аморфное железо, в свою очередь, входит в состав свободного (или несиликатного) железа.

Почвы Ендырских памятников

В исследованных почвах, подобно типичным подзолистым почвам, аморфные полуторные оксиды, извлекаемые вытяжкой Тамма, достаточно хорошо дифференцированы по профилю (табл. 6.10; 6.11; рис. 6.4). Минимальными значениями характеризуются элювиальные горизонты, из которых происходит вынос полуторных оксидов. Содержание Fe_2O_3 в горизонтах А2 во всех разновозрастных (1500—5000 лет) и фоновой почвах сосняков практически одинаково 0,02—0,03%. Почвы ельников также характеризуются близкими значениями концентраций Fe_2O_3 в горизонтах А2: 0,16—

Таблица 6.10.

Содержание аморфных полуторных оксидов и кремнекислоты (по Тамму) в почвах на оборонительных валах под сосняками. Ендырские памятники

Горизонт	Глубина, см	Fe_2O_3, %		Al_2O_3, %		SiO_2, % к почве
		к почве	к валовому содержанию	к почве	к валовому содержанию	
Разрез 3-97. Фоновая почва						
A01	0-1	0,02	33,33	0,54	257,14	0,04
A02	1-5	0,10	25,64	0,62	55,86	0,02
A0A1	5-6	0,08	15,69	не опр		0,0
A2	6-12	0,03	7,69	0,49	9,19	0,58
B1	12-16	0,68	44,74	0,77	8,86	0,12
B2	16-47	0,34	22,97	0,97	10,30	0,0
B3	47-84	0,21	15,79	0,67	7,05	0,04
BC	>84	0,10	19,61	0,56	10,33	0,01
Разрез 6-97. 2700-летняя почва						
A01	0-3	0,02	50,00	0,27	100	0,0
A02	3-9	0,10	43,48	0,61	84,72	0,0
A03	9-10	0,08	25,00	0,50	45,05	0,19
A2	10-12	0,04	7,41	0,50	8,05	0,36
B1	12-18	0,40	31,25	1,03	11,84	0,12
B2	18-53	0,11	9,82	0,67	9,48	0,34
B3	53-76	0,12	13,64	1,05	13,64	0,0
Разрез 5-97. 1500-летняя почва						
A01	0-1	0,02	40,00	0,62	200	0,0
A02	1-5	0,07	25,93	0,58	62,37	0,0
A03	5-7	0,08	21,05	0,54	41,22	0,0
A2	7-12	0,04	9,30	0,51	8,99	0,0
B1	12-17	0,24	24,24	0,93	12,02	0,01
B2	17-28	0,15	14,02	0,64	7,16	0,0
B3	28-44	0,25	13,02	0,78	8,71	0,0
B3	44-73	0,20	10,93	0,85	8,6	0,0
Разрез 1-97. 5000-летняя почва						
A01	0-3	0,05	45,45	0,43	130,3	0,07
A02	3-5	0,08	15,69	не опр	0	0,08
A2	5-11	0,02	6,67	0,48	11,48	0,12
B1	11-15	0,43	43,88	1,26	17,45	0,17
B2	15-35	0,15	22,06	0,51	8,69	0,06
Разрез 7-97. 2500-летняя почва						
A01	0-2	0,02	25	0,54	186,21	0,0
A02	2-4	0,04	18,18	0,53	84,13	0,0
A03	4-5	0,08	21,05	0,58	44,96	0,0
A2	5-14	0,02	5,00	0,26	9,03	0,0
B1	14-15	0,45	40,54	0,93	15,66	0,0
B2	15-21	0,18	13,53	0,73	7,89	0,0

Таблица 6.11.

Содержание аморфных полуторных оксидов и кремнекислоты в разновозрастных почвах Ендырских памятников (древостой с преобладанием ели)

Горизонт	Глубина, см	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2
		%, (по Тамму)		
Разрез 3-98. Фоновая почва				
A01	0-2	0,12	0,02	0,02
A02	2-5	0,04	0,10	0,0
A03	5-8	0,09	0,14	0,0
A2	8-13	0,19	0,07	0,37
B1	13-23	1,24	0,58	0,0
B2	23-39	0,66	0,29	0,0
B3	39-50	0,27	0,34	0,0
B3	50-65	0,33	0,30	0,0
B3	65-84	0,18	0,24	0,0
BC	84-100	0,17	0,09	0,0
Разрез 4-98. 3000-летняя почва				
A01	0-2	0,02	0,05	0,0
A02	2-5	0,16	0,43	0,0
A2	5-12	0,22	0,13	0,09
B1	12-17	0,53	0,52	0,0
B2	17-37	0,23	0,33	0,0
Разрез 4-97. 400-летняя почва				
A01	0-2	0,02	Не опр.	0,12
A02	2-5	0,09	0,39	0,14
A03	5-7	0,10	0,61	0,15
A1A2	7-8	0,16	0,48	0,18
B1	8-18	0,31	0,80	0,28
Разрез 2-98. 400-летняя почва				
A01	0-2	0,11	0,02	0,0
A02	2-5	0,17	0,17	0,0
A03	5-8	0,29	0,40	0,0
A1A2	8-13	0,17	0,16	0,0
B1	3-25	0,22	0,32	0,0

0,22%, но в целом содержание Fe_2O_3 в элювиальных горизонтах почв ельников более высокое, чем в сосняках.

Максимальное накопление оксидов железа происходит в иллювиальном горизонте, при этом фоновые почвы по сравнению с разновозрастными отличаются более высоким содержанием Fe_2O_3 в гори-

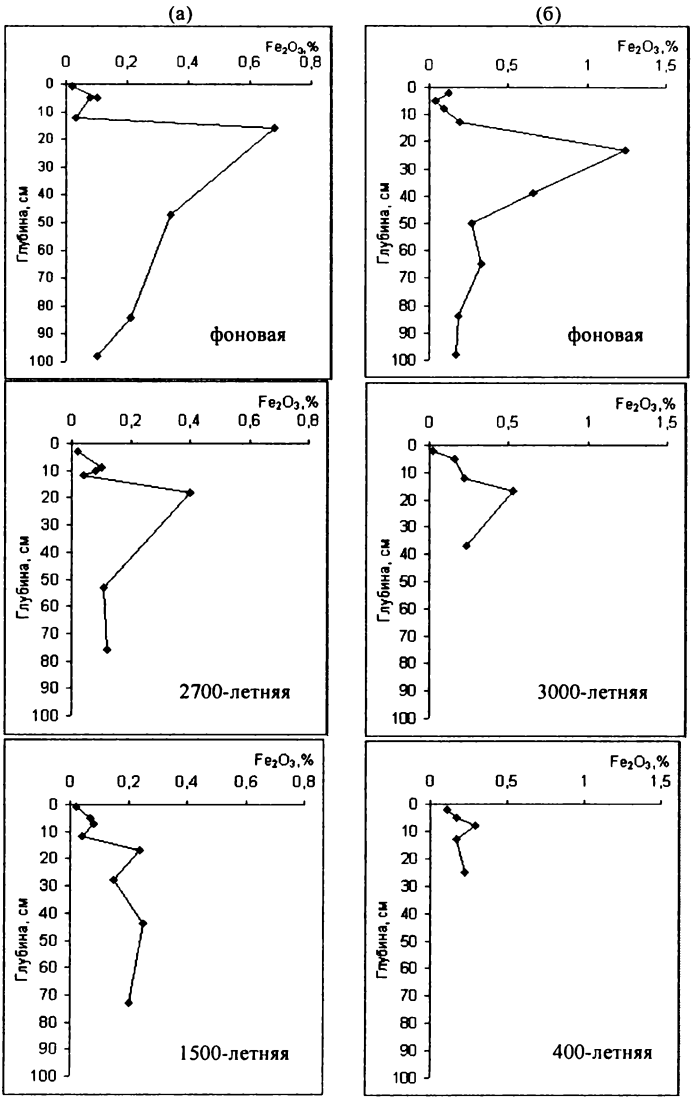


Рис. 6.4. Профильное распределение аморфных форм железа в разновозрастных почвах под сосняками (а) и ельниками (б).

зонте B1. В фоновой почве сосняка накапливается 0,68% Fe_2O_3, в почвах валов количество накопленного Fe_2O_3 увеличивается с возрастом от 0,24% (1500 лет) до 0,40% (2700 лет). В 2500- и 5000-летней почвах обваловок отмечается примерно одинаковое количество Fe_2O_3 — 0,45% и 0,43% соответственно. Подобная картина наблюдается в почвах ельников: содержание Fe_2O_3 в гор. B1 в ряду 400 лет — 400 лет — 3000 лет — фон увеличивается 0,22 — 0,31 — 0,53 — 1,24%. Таким образом, содержание аморфных оксидов железа в иллювиальных горизонтах увеличивается с возрастом почв. В почвах сосняков накопление железа в горизонтах B1 происходит на фоне одинаковой отмытости горизонтов A2.

Динамика содержания аморфных оксидов железа в элювиальных и иллювиальных горизонтах почв сосняков прослеживается по изменениям их запасов (табл. 6.12).

Таблица 6.12.

Запасы аморфного Fe_2O_3 в горизонтах A2 и B1 почв сосняков, т/га. Ендырские памятники

Горизонт	Фоновая почва	Почвы обваловок жилищ		Почвы оборонительных валов	
		5000 лет	2500 лет	2700 лет	1500 лет
A2	0,18	0,12	0,18	0,082	0,21
B1	3,29	2,08	0,54	2,90	1,45

В горизонтах A2 наибольшие запасы Fe_2O_3 обнаружены в молодой 1500-летней почве (0,21 т/га). К 2500 годам они снижаются до фонового уровня (0,18 т/га), в 5000-летней почве их содержится даже меньше (0,12 т/га). Низкое значение в 2700-летней почве, нарушающее закономерность хроноряда, связано с малой мощностью подзолистого горизонта (2 см). В горизонтах B1 наибольшее накопление произошло в фоновой почве — 3,29 т/га, наименьшее в молодой 1500-летней почве — 1,45 т/га. Исключение составила 2500-летняя почва, в которой малая мощность горизонта B1 существенно снизила количество запасов.

Об активных процессах выноса и накопления аморфных форм железа свидетельствуют также данные о его доли относительно валового содержания (табл. 6.10). Процентное содержание аморфного железа от валового изменяется по профилю также контрастно. Минимальными значениями характеризуются элювиальные горизонты, где доля аморфного Fe_2O_3 составляет 5,00—9,30% в 1500- 5000-летних почвах и 7,69% в фоновой почве. Особенно резко отличается в этом плане молодая 400-летняя почва ельника, в которой в гор. A1A2 доля подвижного железа составляет 21,62% (к сожалению, для сравнения нет данных о валовом составе фоновой почвы ельника). Максимальная доля подвижного железа приурочена к горизонтам B1: в наиболее молодой 1500-летней почве она равна 24,24%, затем увеличивается до 31,25% в 2700-летней почве и до 44,74% в фоновой почве. В почвах обваловок доля подвижного железа почти достигает фонового значения: 40,54% в 2500-летней почве и 43,88% в 5000-летней.

Таким образом, в процессе подзолообразования в изучаемых почвах профильная дифференциация аморфного Fe_2O_3 сопровождается изменением его доли относительно валового содержания: элювиальные горизонты обеднены аморфными формами железа по отношению к валовому железу, иллювиальные — наиболее обогащены.

В качестве одной из характерной черт подзолов на песках с резким преобладанием в их минералогическом составе кварца следует отметить, что накопление полуторных окислов в горизонте B происходит в основном или полностью за счет легкомобилизуемых, видимо, несиликатных форм. Вероятно, основным источником полуторных окислов, относительно накапливающихся в горизонте B этих почв, являются продукты разложения растительного опада, а также пленки R_2O_3, удаленные с поверхности минеральных зерен горизонта A2. Именно крайняя бедность почвообразующей породы поддающимися выветриванию алюмо- и железосодержащими минералами является основной причиной столь примитивной формы Al-Fe-гумусового оподзоливания в этих почвах (Тонконогов, 1969).

Усиление степени дифференциации профиля с возрастом почв демонстрирует рис. 6.5. Количественная оценка процессов перемещения нами проведена в возрастных рядах по коэффициентам дифференциации (КД) (табл.6.13). Анализ показывает, что данные коэффициенты для аморфного железа уменьшаются по мере усиления дифференциации профиля от молодых почв к фоновым. Так, в возрастных рядах 400 лет — 3000 лет — фон (ельники), 1500 лет — 2700 лет — фон (сосняки, валы городищ) и 2500 лет — 5000 лет — фон (сосняки, обваловки жилищ) КД по аморфным формам железа изменяются следующим образом: 0,77 (0,52) — 0,42 — 0,15; 0,17 — 0,10 — 0,04; 0,04 — 0,05 — 0,04. Отсюда видим, что к 2500—3000 годам почвы в сосняках по степени дифференциации аморфных форм железа соответствуют фоновым почвам, тогда как в ельниках такого соответствия не обнаружено. Вспомним, что по абсолютным значениям содержания аморфного железа почвы, начиная с 2500 лет, также характеризовались почти равным накоплением аморфных оксидов железа в горизонтах В1, правда, несколько меньшим, чем в фоновой почве. Рассчитанные КД по запасам обнаруживают сходную зависимость от возраста (об исключении цифры для 2500-летней почвы уже упоминалось). Ко времени почвообразования 2700 лет данные коэффициенты (0,03 в 2700-летней и 0,06 в 5000-летней почве) соответствуют фоновым (0,03)..

Поскольку КД в почвах близких возрастов, формирующихся на валах и обваловках, совпадают, мы составили единый обобщенный хроноряд для всех исследованных почв сосняков, в котором КД уменьшается с возрастом. Рис. 6.5 показывает, что скорость дифференциации неравномерна: максимальна на отрезке времени до 1500 лет, затем существенно снижается. Начиная с 2500 лет КД достигают фонового значения и не изменяются, хотя незначительно колеблются. Максимальная скорость дифференциации профиля по аморфному железу на ранних стадиях почвообразования соответствует по времени максимальной скорости образования морфологически выраженного подзолистого горизонта (см. рис. 6.2.), что подтверждает сопряженность данных процессов.

Таблица 6.13.

Коэффициенты дифференциации почвенных профилей (А2/В1) по аморфным полуторным оксидам. Ендырские памятники

Показатель	Почвы оборонительных валов, сосняки			
	Фоновая	2700-летняя	1500-летняя	
Fe_2O_3, %	0,04	0,03	0,16	
Fe_2O_3, т/га	0,05	0,03	0,14	
Al_2O_3, %	0,64	0,49	0,55	
	Почвы обваловок жилищных впадин, сосняки			
	Фоновая	5000-летняя	2500-летняя	
Fe_2O_3, %	0,04	0,05	0,04	
Fe_2O_3, т/га	0,05	0,06	0,33	
Al_2O_3, %	0,64	0,38	0,28	
	Почвы в еловых лесах			
	Фоновая	3000-летняя	400-летняя, разрез 4-97	400-летняя, разрез 4-98
Fe_2O_3, %	0,15	0,42	0,52	0,77
Al_2O_3, %	0,12	0,25	0,50	0,60

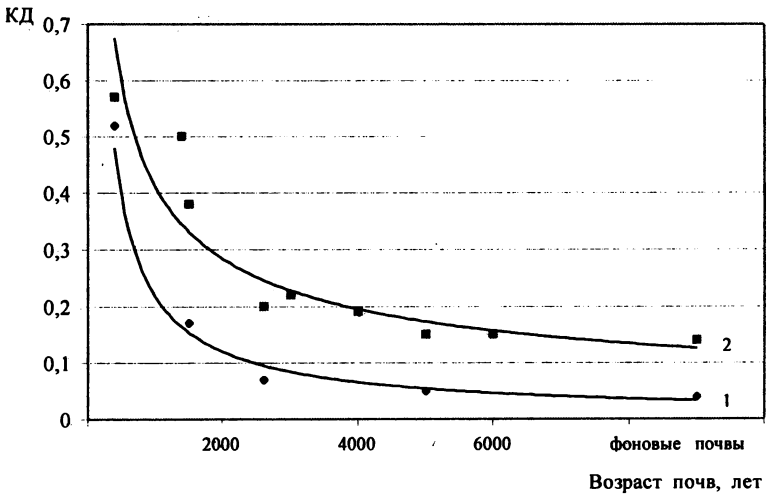


Рис. 6.5. Коэффициенты дифференциации почв Ендырских археологических памятников (1) и памятников Барсовой горы (2) по аморфным формам железа.

Но если скорость образования подзолистого горизонта резко снижается в интервале времени 400—1500 лет, а на более поздних стадиях почвообразования остается минимальной и практически неизменной, то процесс дифференциации профиля по аморфному железу в почвах 1500-летнего возраста протекает еще достаточно активно. В почвах с морфологически развитым профилем химический профиль еще не соответствует зрелым почвам.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы распределение оксалатрастворимого железа также носит ярко выраженный элювиально-иллювиальный характер, подобно типичным подзолистым почвам. Элювиальные горизонты характеризуются минимальными концентрациями подвижного железа (табл. 6.14; 6.15), а иллювиальные — максимальными; глубже горизонта B1 содержание Fe_2O_3 снижается (исключение составляют 500-летняя почва обваловки (разрез 18—92) и 2500-летняя почва оборонительного вала (разрез 25—92), в которых максимум приурочен к иллювиальным горизонтам B2). В тех разрезах, где, помимо элювиального горизонта A2, выделены переходный A1A2 или горизонт A1, последние также составляют элювиальную часть профиля, причем концентрация аморфного железа в них близка или равна таковой в подзолистом горизонте. Подзолистые горизонты часто практически лишены данной формы железа, в фоновых почвах его содержание очень низкое — 0,03—0,04% Fe_2O_3, в изучаемых почвах памятников возрастом 1400 лет и более практически не изменяется и соответствует фоновым (0,03—0,08% Fe_2O_3). Подзолистые горизонты молодых 500-летних почв оборонительного вала и обваловки менее отмыты от аморфного железа — 0,14 и 0,10% Fe_2O_3 соответственно. В целом процесс обеднения подзолистого горизонта оксидами железа происходит довольно быстро, и по их содержанию в подзолистых горизонтах почвы 1400 лет и старше соответствуют фоновым.

Таблица 6.14.

Содержание аморфных оксидов железа в разновозрастных почвах Барсовой горы

Горизонт	Глубина, см	Fe_2O_3, %
Разрез 13-94. Фоновая почва		
A0	0-4	0,22
A1A2	4-5	0,06
A2	5-10	0,03
B1	10-23	0,22
B2	23-41	0,13
Разрез 22-94. Фоновая почва		
A0	0-2	0,24
A2	2-4	0,04
B1	4-11	0,31
B2	11-17	0,13
BC	17-39	0,11
C	39-50	0,05
Разрез НВ. 5000-летняя почва		
A1A2	0-2	0,19
A2	2-6	0,08
B1	6-11	0,50
B2	11-34	0,30
B3	34-53	0,20
BC	53-65	0,13
Разрез 20-92. 2500-летняя почва		
A0	0-7	0,16
A2	7-11	0,08
B1	11-17	1,13
B2	17-37	0,21
Разрез 15-92. 2500-летняя почва		
A01	0-1	0,08
A02	1-2	0,16
A03	2-3	0,11
A2	3-4	0,07
B1	4-15	0,26
B2	15-37	0,18
Разрез 25-92. 2500-летняя почва		
A0	0-3	-
A1	3-4	0,10
A2	4-10	0,06
B1	10-15	0,20
B2	15-30	0,27

Горизонт	Глубина, см	Fe_2O_3, %
Разрез 26-92. 2500-летняя почва		
A0	0-3	0,10
A1	3-8	0,06
A2	8-15	0,05
B1	15-23	0,27
B2	23-43	0,16
Разрез 24-92. 2200-летняя почва		
A0	0-1	0,10
A1	1-2	0,06
A2	2-5	0,06
B1	5-10	0,30
B2	10-50	0,15
Разрез 17-92. 1500-летняя почва		
A0A	0-1	0,07
A2	1-4	0,03
B1	4-11	0,08
B2	11-33	0,08
Разрез 23-95. 500-летняя почва		
A0	0-1	0,35
A1A2	1-6	0,14
B1	6-8	0,28
B2	8-33	0,14
[A1A2]	33-43	0,07
[B1]	43-65	0,26
[BC]	65-94	0,10
[C]	>94	0,05
Разрез 18-92. 500-летняя почва		
A0		0,13
A0A1	0-1	0,10
A2	1-4	0,10
B1	4-10	0,16
B2	10-30	0,23

Таблица 6.15.

Содержание аморфных оксидов железа и их отношение к валовому количеству в разновозрастных почвах Барсовой горы

Горизонт	Глубина, см	Fe_2O_3, %	
		к почве	к валовому содержанию
Разрез 13-92. 1400-летняя почва			
A0	0-1	0,21	-
A2	1-6	0,02	8,33
B1	6-10	0,08	25,00
B2	10-33	0,06	6,74
[A1]	33-35	0,04	8,33
[A2]	35-46	0,01	3,03
[B1]	46-73	0,09	19,15
Разрез 30-92. 3000-летняя почва			
A0A1	0-1	0,08	-
A2	1-6	0,08	17,02
B1	6-10	0,43	44,33
B2	10-20	0,24	32,00
Разрез 29-92. 4000-летняя почва			
A0	0-1	0,08	-
A0A	1-2	0,13	37,14
A2	2-6	0,08	16,67
B1	6-8	0,36	31,86
B2	8-15	0,29	40,28
B3	15-35	0,22	25,29
Разрез 28-92. 6000-летняя почва			
A0	0-1	0,09	-
A0A1	1-2	0,11	-
A2	2-5	0,08	25,00
B1	5-11	0,52	50,00
B2	11-32	0,28	35,00

Процесс аккумуляции оксидов железа в зависимости от возраста можно проследить по их содержанию в иллювиальных горизонтах. Более отчетливо данное явление проявляется в хроноряду почв обваловок жилищ 500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 лет: 0,16 — 0,36 — 0,43 — 0,50 — 0,52% Fe_2O_3, хотя в фоновых почвах содержание вновь понижается до 0,22–0,31%. В почвах оборонительных валов с некоторыми колебаниями также выявляется тенденция накопления аморфного железа в гори-

зонтах В1. В ряду 500 — 1400 — 1500 — 2200 — 2500 лет концентрация изменяется так: 0,28 — 0,08 — 0,08 — 0,30 — (1,13 — 0,26 — 0,19 — 0,27 в группе 2500-летних почв), т.е. к 2200 годам содержание железа в гор. В1 соответствует фоновым значениям. Однако здесь наблюдается некоторая особенность, отмеченная нами ранее (Махонина, 1995, 2002). У 3000–6000-летних почв обваловок содержание подвижного железа в горизонте А2 одинаково (0,08%), тогда как в горизонте В1 оно продолжает расти от 0,36% у 3000-летней почвы до 0,43% у 4000-летней и до 0,50 и 0,52% у 5000- и 6000-летних почв соответственно. Аналогично в почвах оборонительных валов возрастом от 1500 до 2500 лет содержание в горизонте В1 в целом увеличивается при почти равном содержании в горизонтах А2 у 1400–2500-летних и фоновых почв.

Откуда же в горизонты В1 и В1 поступает железо? Можно предположить, что при минерализации органических веществ высвобождающееся железо в кислой среде подстилок и горизонта А2 очень подвижно и при промывном водном режиме этих почв, не задерживаясь, в форме железо-органических соединений мигрирует вглубь почвы и осаждается в горизонтах В1 и В2, где реакция среды уже менее кислая.

Количественные данные о миграции химических элементов в таежных ландшафтах (Добровольский, 1999) свидетельствуют о том, что содержание в подстилках таких элементов, как кремний, алюминий и, особенно, железо, значительно превышает количество этих элементов в массе живых растений. Поэтому необходимое количество зольных элементов растительность таежных лесов может получать за счет преобразования органических остатков, присутствующих в горизонте А0. Этого же источника достаточно для аккумуляции части железа в иллювиальном горизонте.

Полученные нами данные показывают динамику накопления Fe_2O_3 в иллювиальных горизонтах В1 в связи с продолжительностью почвообразования и при одинаковом содержании в горизонтах А2 свидетельствуют об усилении степени дифференциации профиля со временем.

Дифференциация профилей выявляется не только по абсолютному содержанию оксалатрастворимых соединений железа, но и по их отношению к валовому количеству оксидов железа (табл. 6.15). Наименьшие значения этого показателя приурочены к элювиальным горизонтам (8,33–17,02%), немного выше (25,00%) — в 6000-летней почве. Наибольшие значения характерны для иллювиальных горизонтов B1 или B2 (25,00–44,33%), что свидетельствует о существенном вкладе оксалатрастворимых, несиликатных форм железа в миграцию и перераспределение по профилю данного элемента.

Усиление степени дифференциации профиля по содержанию аморфных форм железа с возрастом почв количественно продемонстрировано с помощью коэффициентов дифференциации A2/B1 (табл.6.16). В фоновых почвах КД наименьшие (0,15–0,12), в хроноряду оборонительных валов наблюдаем уменьшение от 500-летней к 2500-летним почвам: 0,50 — 0,89 — 0,50 — 0,38 — 0,17 — 0,20 (среднее значение для 2500-летних почв) — 0,14 (среднее для фоновых почв). В хроноряду обваловок закономерность проявляется особенно отчетливо. КД от 500-летних до 6000-летней почвы изменяются в следующем порядке: 0,63 — 0,22 — 0,19 — 0,15 — 0,15 и 0,14 в фоновых почвах. Опираясь на согласованность значений коэффициентов в двух хронорядах, мы предприняли попытку их обобщить и составить единый ряд, объединяя почвы близкого возраста и используя для них средние значения КД. В результате мы получили следующую картину: в почвах возрастом от 500 до 2200 лет коэффициенты дифференциации уменьшаются, а в почвах 2200 лет и старше — существенно не изменяются. Обобщенный хроноряд имеет вид 500 — 1400 — 1500 — 2200 — 2500 — 3000 — 4000 — 5000 — 6000 лет — фон, а КД имеют значения 0,57 — 0,50 — 0,38 — 0,17 — 0,20 — 0,22 — 0,19 — 0,15 — 0,15 — 0,14.

КД данного ряда, а также рис. 6.5., показывают, что почвы 2200–2500-летнего и более старшего возраста по степени профильной дифференциации аморфного железа достигают фонового состояния. Как и на материале Ендырских памятников, сопостав-

ление данных по морфологической и химической дифференциации профиля, несмотря на сопряженность данных процессов, показывает, что морфологическая дифференциация завершается быстрее по сравнению с перемещением химических элементов.

Если сравнить кривые изменения КД в почвах разных групп памятников (Ендырские и Барсова гора), то обнаружится, что их общий ход совпадает — в обоих случаях КД достигают фонового значения позднее 2500 лет, но КД почв Барсовой горы в целом выше. Это свидетельствует о том, что абсолютные значения коэффициентов могут отличаться в разных регионах, даже расположенных в пределах одной природной зоны, но при этом предлагаемые коэффициенты дифференциации служат критерием степени зрелости почвенного профиля.

Таблица 6.16.

Содержание аморфных полуторных оксидов в горизонтах А2 и В1 в почвах Барсовой горы и коэффициенты дифференциации почвенных профилей (А2/В1)

Показатель	Оборонительные валы городищ					
	Возраст почв, лет					Фоновая почва
	500	1400	1500	2200	2500*	
А2	0,14	0,04	0,03	0,06	0,065 (0,05-0,08)	0,03; 0,04
В1	0,28	0,08	0,08	0,30	0,47 (0,20-1,13)	0,22; 0,31
А2/В1	0,50	0,50	0,38	0,20	0,19	0,15; 0,12
	Обваловки жилищных впадин					
Показатель	Возраст почв, лет					Фоновая почва
	500	3000	4000	5000	6000	
А2	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,03; 0,04
В1	0,16	0,36	0,43	0,50	0,52	0,22; 0,31
А2/В1	0,63	0,22	0,19	0,15	0,15	0,15; 0,12

* *Средние значения для четырех разрезов, в скобках — размах колебаний.*

В целом необходимо отметить, что аморфные формы железа и их профильная дифференциация являются хорошими диагностическими показателями возраста подзолистых почв. Для обеих

групп памятников характерно повышение содержания Fe_2O_3 в иллювиальных горизонтах В1 с увеличением времени почвообразования, в то время как в элювиальных горизонтах 400—5000-летних почв Ендырских памятников и 1400- 6000-летних почвах Барсовой горы содержание Fe_2O_3 практически соответствует содержанию в фоновых почвах. На основе КД мы заключаем, что ХВ по аморфному железу составляет около 2500 лет для почв сосняков. Здесь мы обнаруживаем прекрасную согласованность результатов по разным объектам. Почвы ельников к 3000 годам еще не достигли зрелого состояния, что говорит о меньшей интенсивности подзолообразовательного процесса.

ПОДВИЖНЫЙ АЛЮМИНИЙ (ПО ТАММУ)

Алюминий и железо характеризуются близкими химическими свойствами и поведением, но миграция алюминия в меньшей степени зависит от окислительно-восстановительных условий в силу постоянной валентности этого элемента, сохраняется зависимость от кислотно-основных условий среды. Алюминий наиболее подвижен в кислой среде, но все же интенсивность водной миграции алюминия ниже, чем у железа.

Почвы Ендырских памятников

Исследованные почвы Ендырских памятников характеризуются низким содержанием аморфного алюминия, не превышающим 1,05% Al_2O_3 (табл. 6.10; 6.11). Почвенные профили дифференцированы по содержанию алюминия. Минимальные количества обнаружены в элювиальных горизонтах почв сосняков (0,26—0,51% Al_2O_3) и ельников (0,07—0,48%). Максимальным содержанием характеризуются иллювиальные горизонты В1. Исключение составляет фоновая почва сосняка, в которой количество Al_2O_3 в горизонте В1 увеличивается по сравнению с А2, но максимум приурочен к горизонту В2. Закономерного увеличения содержания Al_2O_3 в иллювиальных горизонтах с возрастом почв, подобно Fe_2O_3, не выявлено.

Величины КД свидетельствуют (см. табл. 6.13.) о том, что в почвах сосняков дифференциация профиля по аморфным формам железа более резкая, чем по аморфным формам алюминия. В почвах ельников степень дифференциации более сильна по Al_2O_3, но при этом для обоих элементов очень близка в фоновой почве и в разрезе 4—97 (400 лет), несколько различается в разрезах 2—98 (400 лет) и 4—98 (3000 лет). Кроме того, почвы сосняков и ельников отличаются и по возрастным изменениям коэффициентов. Почвы ельников характеризуются уменьшением КД при увеличении возраста почв, но даже в 3000-летней почве они не достигают фонового значения. В почвах сосняков закономерного изменения коэффициентов с возрастом не обнаружено.

По процентному содержанию аморфных форм алюминия в отношении к валовому почвенный профиль сосняков дифференцирован также менее контрастно, чем по аналогичному показателю для оксидов железа. Общая закономерность все же одинакова — наименьшая доля аморфного Al_2O_3 от валового содержания наблюдается в горизонтах А2 1500—5000-летних почв (8,05—11,48%), наибольшая — в горизонтах В1 (11,84—17,45%). Однако, в фоновой почве подобной картины не наблюдается: доля аморфного Al_2O_3 в элювиальном горизонте (9,19%) немного выше, чем в иллювиальном (8,86%).

Таким образом, хотя железо и алюминий характеризуются сходством свойств и поведения, в их профильной дифференциации выявлены некоторые отличия. В почвах сосняков дифференциация заметно сильнее по Fe_2O_3, значит, в рассматриваемых почвах процессы выноса и накопления аморфных форм железа происходят активнее, чем аморфных форм алюминия, и если для аморфных форм железа установлено ХВ, то для аморфных форм алюминия этого сделать не удалось из-за отсутствия закономерного изменения коэффициентов. В почвах ельников степень дифференциации по аморфным формам железа и алюминия близка и к 3000 годам не соответствует фоновому состоянию ни по одному из данных элементов.

ПОДВИЖНЫЙ КРЕМНИЙ

Почвы Ендырских памятников

При очень высоком валовом содержании кремния в изучаемых почвах (табл. 6.17) фиксируется крайне низкое количество подвижных форм этого элемента — от 0 до 0,58%; во многих горизонтах они вообще отсутствуют (см. табл. 6.10; 6.11). Это можно объяснить следующими причинами. Во-первых, кварц, преобладающий в составе минералов данных почв, является устойчивым при выветривании, и большая часть кремния почв сосредоточена в нерастворимых молекулах SiO_2. Во-вторых, в природных водах подвижность кремнезема зависит от кислотности среды: его растворимость повышается при очень сильно кислой (pH<2) и щелочной реакции, не характерной для рассматриваемых почв. В миграции элемента велика роль живых организмов, широко использующих кремний для построения оболочек клеток и твердых тканей. В почву кремний из растительных тканей возвращается в виде фитолитов, которые последовательно проходят стадии кристаллизации во вторичный кварц или значительная их часть включается в миграцию в почвенно-грунтовых водах в форме коллоидных и истинных растворов.

Наблюдается незначительное накопление подвижного кремнезема в поверхностных минеральных горизонтах почв. Так, в гор. А2 почв оборонительных валов содержание SiO_2 увеличивается от 0% в 1500-летней почве до 0,36% в 2700-летней и до 0,58% в фоновой. В 2700-летней почве накопление происходит так же в гор. В1 и В2 (0,12 и 0,34%), в фоновой — в В1 (0,12%). В почвах обваловок в 2500-летней почве подвижный кремнезем отсутствует, а в 5000-летней содержится 0,12% SiO_2 в горизонте А2 и 0,17% в горизонте В1. В почвах ельников наибольшее содержание подвижного SiO_2 находится в горизонте А2 фоновой почвы — 0,37%. Повышенным количеством кремнезема отличается почва разреза 4—97 (400 лет) — от 0,12 до 0,28% по всему профилю. В другой 400-летней почве подвиж-

ный кремнезем отсутствует, в 3000-летней почве лишь в горизонте А2 найдено 0,09% SiO_2.

В целом как в разновозрастных, так и в фоновых почвах найдены незначительные количества подвижного SiO_2 при его полном отсутствии во многих горизонтах изучаемых почв. При увеличении возраста почв наблюдается слабое накопление кремнезема в верхних минеральных горизонтах, особенно А2.

Основные характеристики рассмотренных химических свойств почв двух изучаемых групп археологических памятников свидетельствуют о том, что в изучаемых почвах протекают процессы, соответствующие зональному направлению почвообразования (подзолообразованию).

6.3. ВАЛОВОЙ СОСТАВ ПОЧВ

Валовой состав дает представление об общем содержании в почве химических элементов. Изменение химического состава по почвенному профилю и сравнение содержания химических элементов минеральной части почв с составом породы позволяет выявить наличие или отсутствие разрушения минералов, перемещение элементов и установить направление почвообразовательного процесса. Валовой химический состав почв — результат поступления и миграции веществ. Для распределения элементов по профилю требуется определенное время. Обнаружение отличий в валовом составе изучаемых почв может стать важным диагностическим признаком для оценки скорости различных процессов. Поэтому после оценки скорости восстановления почв по подвижным формам элементов мы попытались выявить динамику почвообразования по валовому составу.

На Ендырских памятниках был проведен (табл. 6.17) валовой анализ 1500-, 2500-, 2700-, 5000-летних почв и фоновой почвы под сосняками, а также наиболее молодой из почв под ельниками — 400 лет (разрез 4—97). Для почв Барсовой горы валовой состав рассмотрен на примере разрезов 13—92, 29—92, 30—92, 28—92, составляющих хроноряд 1300 — 3000 — 4000 — 6000 лет (табл. 6.18).

Известно, что наиболее биогенным горизонтом у подзолистых почв, формирующихся на песчаных породах, является слой подстилки. В нем концентрируются те биогенные элементы питания, которые были усвоены корневыми системами растений и после выноса в надземные органы и их отмирания возвращаются на поверхность почвы. В процессе минерализации и гумификации подстилок освобождающиеся элементы питания вновь используются растениями. Те вещества, которые не были вовлечены в новый цикл биологического круговорота, вымываются в более глубокие горизонты, формирующиеся под подстилкой.

Как показали В.П.Фирсова и Т.С.Павлова (1971, 1975, 1983), подстилки ненарушенных почв под сосняками характеризуются своеобразным химическим составом, зависящим от природно-климатических условий, доминантов древесного яруса и напочвенного покрова.

Из табл. 6.19 видно, что зольный состав подстилок на разновозрастных почвах Барсовой горы не имеет четких закономерных изменений с увеличением времени почвообразования. По сравнению с фоновыми почвами у них более низкое содержание SiO_2 и Fe_2O_3 и более высокое — Al_2O_3, CaO и MgO. В пределах колебаний, наблюдаемых в фоновых почвах, содержатся P_2O_5 и K_2O.

Химический состав подгоризонта А01, представляющего опад прошлого года, почв Ендырских памятников мы сравнили с литературными данными по содержанию элементов в хвое сосны (Фирсова, Павлова, 1983). На основе выстроенных рядов по относительному содержанию элементов выявлены следующие отличия: в опаде исследуемых нами участков много кремния, мало фосфора и повышено содержание магния. К сходным признакам можно отнести преобладание почти во всех разрезах кальция по сравнению с другими элементами, содержание и расположение в рядах элементов железа и алюминия. В целом слое рассматриваемых нами подстилок ниже содержание Fe_2O_3 и P_2O_5. Однако все указанные особенности касаются как вновь образованных, так и изучаемых нами фоновых почв. По химическому составу подстилок не выявлено изменений, связанных с возрастом исследуемых почв.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ КРЕМНИЯ

Кремний — один из самых распространенных элементов земной коры (кларк в земной коре — 29,5, второе место после кислорода), и его соединения широко распространены в природе, что обусловливает высокое содержание кремнезема в почвах. В песчаных подзолах содержание кремния больше, чем в каких-либо других почвах, и может доходить до 97%.

Почвы Ендырских памятников

Результаты валового анализа показывают, что содержание SiO_2 в минеральных горизонтах изучаемых почв Ендырских памятников составляет 84,93–95,84%. Высокое содержание кремния обусловлено резким преобладанием в минералогическом составе почв кварца, представляющего собой в химическом отношении оксид кремния и являющийся стойким при выветривании. По данным И.П. Гавриловой и Л.С. Долговой (1972) в подзолистых песчаных почвах среднетаежной подзоны Западной Сибири в составе фракции 0,1- 0,05 мм господствует кварц (72,0–82,5%) с заметным участием полевых шпатов (17,5–28,0%), другие минералы присутствуют в минимальных количествах.

В подстилках содержание кремния намного меньше. Наименьшими количествами характеризуется растительный опад (А01), где найдено 0,94–3,26% SiO_2. К нижним подгоризонтам подстилки содержание SiO_2 увеличивается до 4,00–13,80% в А02 (в разрезах, где выделены три подгоризонта). В самых нижних слоях органогенных горизонтов А03 (или А02 при выделении двух подгоризонтов) SiO_2 накапливается до 9,25–49,51%. Большой разброс значений в нижних частях подстилок объясняется разной степенью перемешенности разлагающихся растительных остатков с минеральными частицами почв; в переходном горизонте А0А1 фоновой почвы содержится 74,87% SiO_2.

Распределение SiO_2 по профилю однотипно во всех разрезах: в подзолистых горизонтах содержание SiO_2 повышается до

Таблица 6.17

Валовой состав разновозрастных почв Ендырских археологических памятников

Горизонт, глубина, см	П.п.п.*, %	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5	R_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	Химически связанная вода, %
		% на сухую почву									
Разрез3-97. Фоновая почва под сосняком бруснично-мохово-лишайниковом											
AO1 0-1	3,48	0,96	0,06	0,21	0,04	0,66	0,95	0,81	0,001	0,01	
AO2 1-5	16,96	13,80	0,39	1,11	0,08	2,29	0,43	0,90	0,02	0,04	
AO3 5-6	78,51	74,87	0,51	1,79	0,02	4,97	0,31	0,60	0,01	0,12	
A2 6-12	0,62	93,59	0,39	5,33	0,004	3,32	0,32	0,16	0,01	0,20	0,39
B1 12-16	2,02	87,90	1,52	8,69	0,14	6,47	0,41	0,25	0,02	0,38	1,41
B2 16-47	1,79	87,56	1,48	9,42	0,05	7,76	0,25	0,70	0,02	0,41	1,46
B3 47-84	1,33	88,40	1,33	9,50	0,02	6,53	0,46	0,19	0,03	0,39	1,19
BC >84	1,37	92,45	0,51	5,42	0,06	3,59	0,29	0,00	0,02	0,44	1,28
Разрез1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилищной впадины, сосняк											
AO1 0-3	5,36	3,26	0,11	0,33	0,03	0,81	0,75	0,57	0,001	0,09	
AO2 3-5	54,12	49,51	0,51	2,02	0,13	4,00	1,31	0,30	0,01	0,10	
A2 5-11	0,55	92,96	0,30	4,18	0,001	2,91	0,30	0,45	0,02	0,29	0,33
B1 11-15	1,47	90,02	0,97	7,22	0,24	5,15	0,46	0,02	0,01	0,42	1,08
B2 15-35	0,71	91,48	0,68	5,87	0,10	4,09	0,38	0,64	0,01	0,44	0,59
Разрез7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилищной впадины, сосняк											
AO1 0-2	3,44	0,99	0,08	0,29	0,04	0,71	1,20	0,63	0,001	0,02	
AO2 2-4	6,19	4,00	0,22	0,63	0,03	1,40	0,57	0,27	0,01	0,02	
AO3 4-5	15,16	12,29	0,38	1,29	0,09	2,56	0,44	0,47	0,01	0,05	
A2 5-14	0.38	95,84	0,40	2,88	0,05	2,85	0,35	0,00	0,01	0,27	0,24
B1 14-15	1,08	92,15	1,11	5,94	0,15	4,47	0,39	0,00	0,01	0,35	0.78
B2 15-21	0,78	88,68	1,33	9,25	0,05	6,47	0,54	0,12	0,02	0,19	0,56

Окончание табл. 6.17

Горизонт, глубина, см	П.п.п.*, %	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5	R_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO_2	Химически связанная вода, %
		% на сухую почву									
Разрез 6-97. 2700-летняя почва на валу городища, сосняк											
AO1 0-3	3,71	0,94	0,04	0,27	0,04	0,59	1,00	0,81	0,07	0,03	
AO2 3-9	8,32	-	0,23	0,72	0,05	1,59	0,85	0,50	0,03	0,02	
AO3 9-10	12,22	9,25	0,32	1,11	0,07	2,27	0,76	0,15	0,002	0,04	
A2 10-12	1,20	91,57	0,54	6,21	0,01	3,93	0,24	0,15	0,02	0,27	0,68
B1 12-18	1,94	89,15	1,28	8,70	0,13	6,54	0,26	0,25	0,03	0,30	1,38
B2 18-53	0,84	90,89	1,12	7,07	0,06	5,25	0,26	0,14	0,01	0,41	0,70
B3 53-76	0,91	90,84	0,88	7,70	0,15	5,57	0,27	0,12	0,01	0,30	0,83
Разрез 5-97. 1500-летняя почва на валу городища, сосняк											
AO1 0-1	4,27	0,94	0,05	0,31	0,04	0,61	1,32	1,03	0,00	0,01	
AO2 1-5	9,08	5,56	0,27	0,93	0,05	1,70	1,14	0,84	0,00	0,03	
AO3 5-7	17,50	13,85	0,38	1,31	0,13	2,72	0,27	0,44	0,04	0,04	
A2 7-12	1,21	92,34	0,43	5,67	0,01	3,79	0,27	0,22	0,02	0,19	0,71
B1 12-17	1,29	90,65	0,99	7,74	0,08	5,33	0,30	0,14	0,03	0,33	0,98
B2 17-28	1,16	90,06	1,07	8,94	0,05	6,07	0,27	0,42	0,02	0,32	0,98
B3 28-44	1,01	84,93	1,92	8,96	0,08	9,95	0,48	0,43	0,03	0,49	0,75
B3 44-73	1,66	85.96	1,83	9,88	0,03	9,11	0,40	0,45	0,03	0,36	1,47
Разрез 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника, ельник											
AO1 0-2	4,39	1,43	0,07	0,29	0,04	0,88	1,50	0,54	0,00	0,01	
AO2 2-5	14,80	10,37	0,26	0,90	0,011	2,35	1,12	1,51	0,10	0,03	
AO3 5-7	42,41	37,16	-	2,70	0,012	5,03	1,10	0,26	0,05	0,12	
A2 7-8	3,13	88,15	0,74	7,94	0,03	5,32	0,26	0,35	0,05	0,32	1,51
B1 8-18	1,97	86,86	1,22	8,63	0,10	6,34	0,54	0,07	0,01	0,48	1,44

* *Здесь и в табл. 6.18 - зольность для подстилок.*

Таблица 6.18

Валовой состав разновозрастных почв археологических памятников Барсовой горы

Горизонт, глубина, см		П.п.п.*, %	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5	CaO	MnO	TiO_2	K_2O	Na_2O
			% на сухую почву								
Разрез 28-94. 6000-летняя почва											
A2	1-5	4,58	92,14	0,32	1,18	0,01	0,56	0,01	0,01	0,76	0,55
B1	5-11	2,3	93,66	1,04	1,42	0,19	0,84	0,01	0,01	0,76	0,68
B2	11-32	1,71	94,02	0,80	1,58	0,10	0,56	0,01	0,02	0,70	0,94
Разрез 30-94. 4000-летняя почва											
A2	1-6	0,67	95,67	0,47	1,45	0,02	0,69	0,01	0,03	0,63	0,44
B1	6-10	2,33	93,42	0,97	2,03	0,01	0,70	0,01	0,03	0,64	0,38
B2	10-20	3,68	92,20	0,75	2,29	0,10	0,52	0,01	0,03	0,52	0,37
Разрез 29-94. 3000-летняя почва											
A0A1	1-2	7,01	90,97	0,35	1,66	0,03	0,57	0,01	0,01	0,42	0,25
A2	2-6	0,6	95,28	0,48	2,17	0,03	0,63	0,01	0,02	0,65	0,34
B1	6-8	2,24	92,69	1,13	2,17	0,16	0,70	0,01	0,04	0,76	0,63
B2	8-15	0,98	95,40	0,72	1,51	0,12	0,48	0,01	0,03	0,61	0,52
B3	15-35	0,87	95,54	0,87	0,50	0,09	0,69	0,01	0,05	0,94	0,67
Разрез 13-92. 1400-летняя почва											
A0A	0-1	5,05	93,45	0,24	0,76	0,05	0,42	0,03	0,04	0,36	0,56
A2	1-6	1,1	97,22	0,32	0,72	0,02	0,42	0,01	0,02	0,21	0,19
B1	6-10	1,69	95,83	0,89	0,78	0,12	0,71	0,02	0,05	0,36	0,33
B2	10-23	0,74	97,07	0,64	0,67	0,07	0,56	0,02	0,04	0,25	0,35
[A]	33-35	1,95	96,40	0,48	0,72	0,06	0,42	0,02	0,04	0,25	0,20
[A2]	35-46	0,18	98,10	0,33	0,49	0,01	0,42	0,01	0,03	0,40	0,32
[B1]	46-73	1,88	95,45	0,95	0,75	0,24	0,48	0,01	0,03	0,42	0,27

Таблица 6.19

Зольный состав подстилок в сосняках разновозрастных почв Барсовой горы и на ненарушенных территориях, % оксидов на чистую золу

№ раз-реза	Возраст почв, лет	Мощность подстилки, см	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	MnO
18	500	1	13,37	34,06	2,13	13,43	15,29	1,51	1,65	-	2,77
29	3000	1	41,44	45,37	4,10	18,39	18,39	0,89	3,92	0,08	1,96
30	4000	1	17,13	37,23	0,93	4,16	1,12	0,52	1,82	0,86	3,28
28	6000	1	63,49	81,58	4,18	37,61	15,05	4,94	4,11	-	0,38
Фоновые почвы*			44-76	3-18	5-20	3,2-10	2,0-9,0	0,8-4,6	1,0-15	не опр.	не опр.

* *Данные приводятся по В.П. Фирсовой, Т.С. Павловой (1983).*

91,57–95,84% (в разрезе 4–97 несколько меньше — 88,15%), в горизонтах В1 — уменьшается до 87,90–92,15% (в разрезе 4–97 86,86%). Глубже наблюдаются незначительные колебания в распределении (в разных разрезах увеличение или уменьшение содержания в горизонтах В2, В3, ВС). Подобное распределение кремния обусловлено перераспределением по профилю других химических элементов: в горизонтах А2 накопление SiO_2 является относительным и объясняется выносом из данных горизонтов всех других элементов, в горизонтах В1 обеднение связано с накоплением здесь остальных элементов. Кроме того, увеличение содержания кремнезема в подзолистых горизонтах имеет не только относительный, но и абсолютный характер и связано с накоплением в нем фитолитов («Почвы...», 1989). Растительный покров, особенно хвойные леса, выступает как мощный механизм, перекачивающий массы кремнезема из горных пород, почв и природных вод и возвращающий их снова в ландшафт в форме фитолитов. Установлено, что в ельнике возрастом 50 лет из хвои поступает 6 т. кремнезема на км^2 поверхности подзолистых почвы (Безуглова, Орлов, 2000). Кислая реакция не способствует растворению и выносу SiO_2 из почвы, и это приводит к накоплению кремнезема в поверхностных горизонтах подзолистых почв.

Зависимости содержания и распределения SiO_2 по профилю изучаемых почв от их возраста не найдено.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы обнаружены аналогичные особенности по данному элементу. От почвообразующих пород — кварцевых песков — унаследовано высокое содержание кремнезема, и, несмотря на то, что доля остальных элементов незначительна, они принимают активное участие в почвообразовании, формируя дифференцированный профиль.

Содержание SiO_2 по профилю изучаемых почв колеблется от 91,89 до 97,80%. Подзолистые горизонты отличаются наибольшим содержанием кремнезема в профиле (95,28–97,22%),

за исключением 6000-летней почвы, в которой наблюдается незначительное увеличение содержания SiO_2 от горизонта А2 к В1 и В2. В иллювиальных горизонтах содержание снижено до 92,69–95,83%. Как уже указывалось, подобное распределение SiO_2 в первую очередь является относительным, формируясь в результате перераспределения других элементов. В погребенной почве разреза 13–92 (1300 лет) указанные особенности сохраняются.

Коэффициенты дифференциации А2/В1 практически одинаковы в почвах всех возрастов, их значения отражают слабую дифференциацию профиля (табл.6.20). Ни количественное содержание SiO_2, ни степень дифференциации рассматриваемых почв не обнаруживают зависимости от возраста в пределах 1300–6000 лет.

Таблица 6.20.

Коэффициенты дифференциации А2/В1 почвенных профилей по валовому составу почв. Барсова гора

Показатель	Возраст почв			
	6000	4000	3000	1400
SiO_2	0,98	1,02	1,03	1,01
Fe_2O_3	0,31	0,48	0,42	0,36
Al_2O_3	0,83	0,71	1,00	0,92
P_2O_5	0,05	2,00	0,19	0,17
CaO	0,67	0,98	0,90	0,59
MnO	1,00	0,67	0,90	0,55
K_2O	1,00	0,98	0,86	0,58
Na_2O	0,81	1,16	0,54	0,58

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА

Железо — один из самых распространенных элементов в природе, его содержание в земной коре достигает 5,1%, оно присутствует почти во всех горных породах (от 2 до 16%). В песчаных подзолах содержание железа снижается иногда до 0,30%. В почвах железо содержится в различных формах. Разнообразные свойства железа определяют особый интерес к нему как к диагностирующему многие элементарные макро- и микропроцессы почвообразования (Зонн, 1982).

Почвы Ендырских памятников

В изучаемых почвах Ендырских памятников валовое содержание оксидов железа соответствует среднему содержанию в песчаных породах («Справочник...», 1990) и составляет в минеральных горизонтах 0,30–1,52% (см. табл. 6.17).

Его распределение по минеральному профилю носит элювиально-иллювиальный характер, что типично для подзолистых почв. В подстилках распределение по подгоризонтам также закономерно. Наименьшие концентрации валового железа наблюдаются в ее верхнем слое — растительном опаде (0,04–0,11% Fe_2O_3), к нижним подгоризонтам А02 и А03 они увеличиваются до 0,32–0,51% Fe_2O_3, что свидетельствует о накоплении железа по мере разложения растительного опада.

Содержание железа по минеральному профилю наиболее сильно колеблется в фоновой почве — от 0,39 до 1,52% Fe_2O_3, в то время как в остальных изучаемых почвах колебания менее значительны и лишь одна цифра (0,30% в горизонте А2 5000-летней почвы) выходит за указанные пределы (см. табл.6.17). Во всех случаях наименьшее содержание железа наблюдается в оподзоленных горизонтах (от 0,30 до 0,74%), а наибольшее — в иллювиальных (от 0,98 до 1,52%), хотя и не превышающее в почвообразующей породе фоновой почвы. В разрезе 7–97 максимум приурочен к горизонту В2 (1,33% по сравнению 1,11% в горизонте В1), во всех остальных почвах — к горизонтам В1. В фоновой почве довольно высокое содержание Fe_2O_3 обнаруживается не только в горизонте В1 (1,52%), но также и в В2 (1,48%) и В3 (1,33). Таким образом, зона аккумуляции валового железа захватывает не только горизонт В1, но и всю среднюю часть профиля.

Однако при однотипном распределении валового железа контрастность между его содержанием в элювиальных и иллювиальных горизонтах различна, о чем свидетельствуют коэффициенты дифференциации (табл. 6.21). В возрастных рядах под сосняками на валах КД изменяются от 0,43 у 1500-летней почвы до

0,42 у 2700-летней и до 0,26 в фоновой; на обваловках — с 0,36 у 2500-летней почвы до 0,31 у 5000-летней и до 0,26 в фоновой. В молодой 400-летней почве ельника КД составляет 0,61. Таким образом, приведенные КД показывают различия в степени дифференциации, связываемой нами со временем почвообразования. Но если по подвижным формам степень дифференциации профиля близка к фоновым почвам начиная с 2500—3000 лет, то по валовым формам железа этот возраст составляет более 5000 лет. Кривая изменения КД с возрастом почв (рис.6.6) для обобщенного хроноряда иллюстрирует данный результат. Кроме того, КД показывают (табл. 6.13; 6.21), что распределение подвижных форм железа по профилю носит более контрастный элювиально-иллювиальный характер, чем распределение валовых форм, что характерно для подзолов Al-Fe-гумусовых.

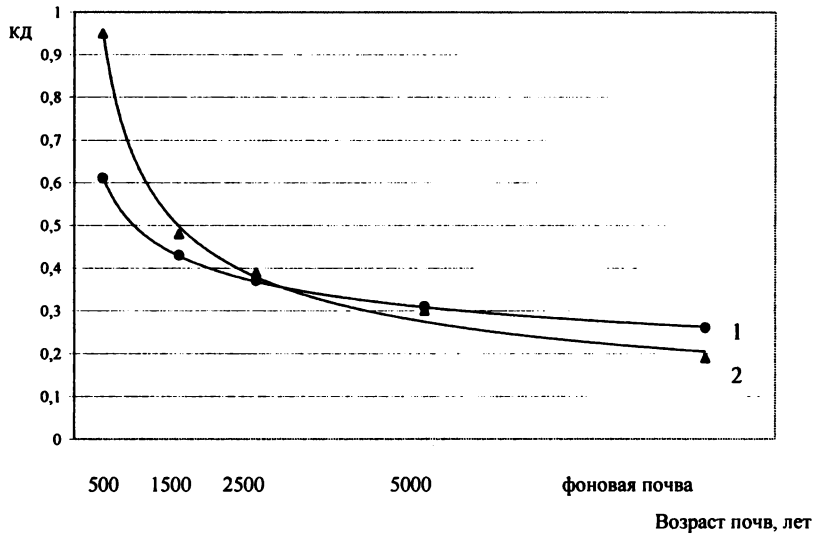


Рис. 6.6. Коэффициенты дифференциации почвенных профилей по валовому железу (1) и илистой фракции (<0,001 мм) (2).

Таблица 6.21.

Коэффициенты дифференциации A2/B1 почвенных профилей по валовому составу почв Ендырских памятников

Показатель	Почвы оборонительных валов, сосняки		
	Фоновая	2700-летняя	1500-летняя
Fe_2O_3	0,26	0,42	0,43
Al_2O_3	0,61	0,71	0,73
P_2O_5	0,03	0,08	0,13
CaO	0,78	0,92	0,90
MgO	0,64	0,60	1,57
MnO	0,50	0,66	0,66
Химически связанная вода	0,28	0,49	0,72

	Почвы обваловок жилищных впадин, сосняки			400-летняя почва ельника
	Фоновая	5000-летняя	2500-летняя	
Fe_2O_3	0,26	0,31	0,36	0,61
Al_2O_3	0,61	0,58	0,48	0,92
P_2O_5	0,03	0,004	0,33	0,30
CaO	0,78	0,65	0,90	0,48
MnO	0,50	2,00	1,00	5,00
Химически связанная вода	0,28	0,31	0,31	1,05

Если мы не могли зафиксировать достижения зрелого состояния по какому-либо почвенному параметру, то предпринимали следующие вычисления (Махонина, Коркина, 2001). Предполагается, что, во-первых, в последующее время скорость изменения данного признака останется такой же, какая была в предыдущем рассматриваемом интервале (интервал 1500—2700 лет для валов и 2500—5000 лет для обваловок) и, во-вторых, в течение данных интервалов и в последующее время изменение скорости носит линейный характер. В таком случае ХВ по валовому железу составит 6300 лет.

В целом процесс подзолообразования в разновозрастных почвах достаточно резко проявляется по распределению в профи-

ле почв как подвижных, так и валовых форм железа. Его распределение в почвах всех возрастов (400—5000 лет) носит выраженный элювиально-иллювиальный характер, типичный для фоновых почв, КД закономерно изменяются с возрастом почв. При этом степень дифференциации по валовым формам железа меньше, чем по аморфным, а ХВ составляет более 5000 лет.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы валовое содержание Fe_2O_3 изменяется от 0,32 до 1,13% (см. табл. 6.18), что также соответствует среднему содержанию в песчаных породах («Справочник...», 1990). Профильное распределение носит выраженный элювиально-иллювиальный характер с минимальным содержанием в подзолистых горизонтах (0,32—0,48% Fe_2O_3) и максимальным — в иллювиальных горизонтах В1 (0,89—1,13% Fe_2O_3). Наиболее обеднены соединениями железа подзолистые горизонты 6000-летней и 1400-летней почв (0,32%), в то время как в 3000- и 4000-летних почвах содержание немного выше (0,48 и 0,47%). В иллювиальных горизонтах меньше всего железа накапливается в 1300-летней почве (0,89%), а в более старых почвах увеличивается до 1,13 — 0,97 — 1,04 в ряду 3000 — 4000 — 6000 лет.

Коэффициенты дифференциации (см. табл. 6.20) в 1400 — 3000 — 4000 — 6000-летних почвах изменяются 0,36 — 0,42 — 0,48 — 0,31 соответственно. В целом указанные коэффициенты свидетельствуют о том, что у 6000-летней почвы наиболее ярко выражен процесс перераспределения соединений железа между горизонтами А2 и В1, и степень дифференциации профиля является наиболее сильной, чем у 1400—4000-летних почв.

Наиболее отчетливо подобные закономерности в зависимости от возраста подтверждают данные о запасах валового железа в горизонтах А2 и В1 и вычисленные на их основе КД (табл. 6.22).

Отметим, что несколько «выпадает» из закономерностей хроноряда 1400-летняя почва (разрез 13—92), однако ранее данная почва рассматривалась нами в хроноряду оборонительных валов, в

то время как три другие — в хроноряду обваловок жилищ. По этой причине ограничимся рассмотрением возрастных изменений в ряду 3000 — 4000 — 6000 лет.

Таблица 6.22

Запасы валового железа и коэффициенты дифференциации A2/B1 почв Барсовой горы, т/га Fe_2O_3

Горизонт	Возраст почв, лет			
	1400	3000	4000	6000
A2	1,64	1,97	2,41	1,31
B1	4,31	2,73	4,69	7,55
B2	10,40	6,30	9,38	21,00
КД A2/B1	0,38	0,72	0,51	0,17

Данные табл. 6.22 показывают, что наиболее сильно обеднен соединениями железа горизонт A2 6000-летней почвы — 1,31 т/га при содержании в 3000- и 4000-летних почвах 1,97 и 2,41 т/га соответственно. При этом в иллювиальных горизонтах выявлено увеличение запасов валового железа: 2,73 — 4,69 — 7,55 т/га Fe_2O_3, как и в горизонтах B2: 6,30 — 9,38 — 21,00 т/га. Усиление профильной дифференциации по запасам валового железа демонстрируют КД: во временном интервале 3000 — 4000 — 6000 лет коэффициенты уменьшаются 0,72 — 0,51 — 0,17. Следовательно, как изменение запасов соединений валового железа в элювиальных и иллювиальных горизонтах, так и КД, вычисленные по запасам данного элемента, отражают происходящие процессы миграции соединений железа в 3000–6000-летних почвах и выявляют различия в возрасте изучаемых почв. Отсутствие данных по фоновым почвам не позволяет сделать вывод о достижении самой старой из рассматриваемых 6000-летней почвой равновесного состояния.

Обобщая результаты по запасам валового железа и по данным об абсолютном содержании и вычисленными на их основе коэффициентам дифференциации, можно заключить, что 4000-летние почвы еще не достигают степени дифференциации, подоб-

ной 6000-летней почве, что свидетельствует о достаточно длительном ХВ по данному показателю — более 4000 лет.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ АЛЮМИНИЯ

Алюминий входит в состав первичных и вторичных минералов и занимает третье место по распространению в земной коре. В почвах он присутствует в составе прочных нерастворимых соединений, а также в виде подвижных форм, мигрирующих в почвенном профиле. Общее содержание Al_2O_3 в поверхностном горизонте почв колеблется в зависимости от минералогического состава. В подзолистых песчаных почвах среднее содержание алюминия 4,31–1,72% («Справочник...», 1990). Вниз по почвенному профилю содержание обычно увеличивается.

Почвы Ендырских памятников

В изучаемых нами почвах содержание алюминия в минеральных горизонтах колеблется от 2,88 до 9,88% Al_2O_3 (см. табл. 6.17). В профильном распределении выявляются особенности, аналогичные распределению валового железа как в подстилках, так и в минеральных горизонтах почв. В лесных подстилках наблюдается постепенное увеличение содержания Al_2O_3 от верхних слоев к нижним: в растительном опаде — от 0,21 до 0,33%, в среднем слое А02 (при выделении трех подгоризонтов) — от 0,63 до 0,93%, в наиболее разложившейся части подстилки А03 (или А02 при выделении двух слоев) — от 1,11 до 2,70%, т.е. аналогично железу происходит накопление алюминия в процессе разложения органических остатков подстилок.

Распределение валового алюминия в минеральной части профиля в разновозрастных почвах соответствует таковому в фоновой и в зональных подзолистых почвах, и носит элювиально-иллювиальный характер. Его содержание минимально в подзолистых горизонтах (от 2,88–6,21% Al_2O_3, в 400-летней почве ельника — 7,94%), где локализована зона разрушения и выноса соединений различных элементов. Если

элювиальная часть профиля во всех разрезах соответствует подзолистому горизонту А2, то максимум иллювиирования приходится или на горизонт В1, или В2, т.е. зона иллювиирования более мощная, захватывает несколько горизонтов (В1, В2, В3) средней и отчасти нижней части профиля. При этом связи подобных особенностей распределения алюминия с возрастом почв обнаружить не удалось. В фоновой почве максимум накопления Al_2O_3 (9,42–9,50%) приурочен к горизонтам В2 и В3, соответствующим глубине 16–84 см, при довольно высоком содержании в В1 12–16 см (8,69%). Подобная картина с более глубокой зоной максимума накопления Al_2O_3 в горизонтах В2 и В3 обнаружена в относительно молодой 1500-летней почве. В 2500-, 2700- и 5000-летней почвах наибольшие количества сосредоточены в горизонтах В1, глубже которых содержание Al_2O_3 снижается. Однако высокое содержание алюминия в самом глубоком слое (44–73 см) 1500-летней почвы может быть связано с особенностями забутовки стен оборонительного вала.

По КД (табл. 6.21) можно отметить, что в почвах на валах городищ происходит постепенное их уменьшение в ряду 1500–2700-летняя почва (0,73–0,71), но за указанный отрезок времени степень дифференциации еще не достигла фоновых значений (КД = 0,61). Однако в разновозрастных почвах обваловок четкой зависимости изменения КД со временем не наблюдается. Так, у 5000-летней почвы КД (0,58) практически соответствует фоновой (0,61), но у более молодой 2500-летней почвы этот коэффициент заметно меньше фонового значения (0,48).

Анализ КД для железа и алюминия по величине и степени их изменения с возрастом показывает, что железо подвижнее алюминия в 1,7–2,3 раза в почвах на валах. По валовому алюминию почв, сформировавшихся на обваловках жилищных впадин, КД также, как и на валах, больше в тех же пределах (1,3–2 раза), чем КД железа. Для выявления скорости перемещения алюминия по профилю почв необходимы дополнительные исследования.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы наблюдается (см. табл.6.18) вымывание алюминия из подзолистых горизонтов 6000- и 4000-летних почв (1,18 и 1,45% Al_2O_3) и накопление в иллювиальных горизонтах В1 (1,42 и 2,03% Al_2O_3) и В2 (1,58 и 2,29% Al_2O_3). При этом зона аккумуляции валового алюминия включает не только горизонты В1, то также и В2, в последних содержание алюминия выше, чем в В1. Поскольку содержание алюминия в почвообразующих породах низкое (для сравнения — в более глубоких слоях разреза 29—95 содержание составляет 0,50% Al_2O_3, в нижнем горизонте (95—100 см) погребенной почвы разреза 13—92 — 0,47%), то увеличение концентрации в более глубоких горизонтах В2 не является следствием повышенного содержания в породах.

В 1400-летней почве минимальное содержание приурочено к горизонту А2 (0,72%), а горизонт В1 характеризуется максимальным накоплением (0,78%). Однако 3000-летняя почва отличается некоторыми особенностями: количество алюминия увеличивается от нижних горизонтов, достигая наибольшего содержания в горизонтах А2 и В1 (равные значения 2,17%). Наблюдается вымывание алюминия из самого верхнего горизонта А0А1. Подобное распределение не совсем ясно.

Возрастные изменения в содержании валового алюминия прослеживаются менее отчетливо, чем по железу. В целом КД меньше (табл. 6.20) в 4000- и 6000-летних почвах (0,71 и 0,83). Степень дифференциации молодой 1400-летней почвы слабее (КД=0,92). Имеющиеся данные по содержанию валового алюминия не позволяют установить ХВ.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ СООТНОШЕНИЯ SiO_2:Fe_2O_3 И SiO_2:Al_2O_3

Представляет интерес показатели соотношения содержания SiO_2 и полуторных оксидов в различных горизонтах. Эту величину использовали для характеристики степени оподзоливания: чем больше соотношение, тем выше степень оподзоленности почв. Так

как SiO_2 является устойчивым соединением и колебания его содержания по профилю почв относительно небольшие, то по соотношениям SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3 фиксируется вынос или привнос оксидов из одних горизонтов в другие.

Почвы Ендырских памятников

Соотношения SiO_2:Fe_2O_3 в 400- 5000- летних почвах находятся в пределах 118,05—864,56, в фоновой почве входят в указанные пределы и составляют от 177,54 до 653,50 (табл. 6.23). В связи с более высоким содержанием алюминия в почвах, отношения SiO_2:Al_2O_3 имеют в целом меньшие значения: в разновозрастных почвах они изменяются от 14,77 до 56,60, в фоновой почве также входят в указанные пределы (15,78—29,82).

Молекулярные соотношения свидетельствуют об отчетливой дифференциации профилей изучаемых почв. Наибольшие значения отношений SiO_2:Fe_2O_3 приурочены к элювиальным горизонтам А2, что является свидетельством выноса отсюда полуторных оксидов и относительного накопления кремния. В фоновой, 5000-летней и 2700-летней почвах отношения SiO_2:Fe_2O_3 минимальны в горизонтах В1, а с глубиной вновь увеличиваются, что говорит о накоплении Fe_2O_3 в иллювиальных горизонтах В1. В 2500- и 1500-летних почвах отношения SiO_2:Fe_2O_3 продолжают уменьшаться вглубь от горизонтов А2 к В1 и далее к В2, что обусловлено повышенным содержанием железа в горизонтах В2 данных почв, а в 1500-летней, возможно, в связи с заполнением стен вала. Поэтому, чтобы исключить влияние антропогенного фактора, сравним отношения в почвах разных возрастов только для верхних генетических горизонтах А2 и В1. В почвах оборонительных валов отношения SiO_2:Fe_2O_3 в горизонте А2 не изменяются строго с возрастом, но меньше, чем в фоновой почве: 576,30 — 453,76 — 653,50 в ряду 1500 лет — 2700 лет — фон. В почвах обваловок жилищных впадин указанное отношение близко к фоновому значению в 2500-летней почве (640,72), но в 5000-летней почве (864,56) больше, чем в фоновой. В 400-летней почве

Таблица 6.23.

Молекулярные отношения SiO_2:R_2O_3 по результатам валового состава почв. Ендырские памятники

Горизонт	Глубина, см	SiO_2:Fe_2O_3	SiO_2:Al_2O_3	SiO_2:R_2O_3 (R_2O_3- сумма Fe_2O_3 и Al_2O_3)
Разрез 3-97. Фоновая почва, сосняк				
A2	6-12	653,50	29,82	28,52
B1	12-16	153,94	17,18	15,46
B2	16-47	157,85	15,78	14,35
B3	47-84	177,54	15,80	14,51
BC	>84	487,59	29,00	27,37
Разрез 6-97. 2700-летняя почва на оборонительном валу				
A2	10-12	453,76	25,04	23,74
B1	12-18	186,81	17,39	15,91
B2	18-53	218,01	21,83	19,85
B3	53-76	277,49	20,03	18,68
Разрез 5-97. 1500- летняя почва на оборонительном валу				
A2	7-12	576,30	27,69	26,42
B1	12-17	246,60	19,88	18,40
B2	17-28	226,42	17,10	15,90
B3	28-44	118,05	16,09	14,16
B3	44-73	125,43	14,77	13,22
Разрез 1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилища				
A2	5-11	864,56	37,77	36,19
B1	11-15	249,33	21,15	19,50
B2	15-35	365,21	26,49	24,70
Разрез 7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилища				
A2	5-14	640,72	56,60	52,01
B1	14-15	221,56	26,33	23,53
B2	15-21	177,14	16,26	14,89
Разрез 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника, в еловом лесу				
A1A2	7-8	322,04	18,85	17,81
B1	8-18	189,08	17,11	15,69

соотношение в горизонте A2 наименьшее среди всех рассматриваемых почв. В горизонтах B1 наблюдается закономерное умень-

шение соотношений SiO_2:Fe_2O_3 с увеличением возраста почв в хронорядах валов 1500 лет — 2700 лет — фон: 246,60 — 186,81 — 153,94. В ряду обваловок 2500 лет — 5000 лет — фон указанное соотношение в целом больше, чем в фоновой почве: 221,56 — 249,33 — 153,94. Подобное изменение связано с наибольшим накоплением оксидов железа в иллювиальных горизонтах в более старых и фоновой почвах, но даже к 5000 годам накопление проявляется слабее, чем в фоновой почве.

Наибольшие отношения SiO_2:Al_2O_3, как и по железу, приурочены к элювиальным горизонтам, в которых происходит разрушение и вынос соединений алюминия. К горизонтам В1 отношения уменьшаются, но если в 2700-летней и 5000-летней почвах минимальные значения приурочены к горизонту В1, то в фоновой почве — к более глубокому горизонту В2, а в 1500- и 2500-летней почвах, так же как и по железу, отношения постепенно убывают вниз по профилю. Профильное изменение соотношения согласуется с профильным изменением содержания алюминия.

При сравнении соотношений SiO_2:Al_2O_3 в зависимости от времени почвообразования выявлены закономерности, аналогичные соотношениям SiO_2:Fe_2O_3. Так, по горизонтам А2 не прослеживается отчетливого изменения отношений с возрастом: в 1500- и 2700-летних почвах валов значения близки (27,69 и 25,04) и меньше, чем в фоновой почве (29,82), однако 2500- и 5000- летние почвы имеют большие значения (56,60 и 37,77) по сравнению с фоновой (29,82). В горизонтах В1 наблюдается закономерное уменьшение отношений с возрастом почв, что свидетельствует о большем накоплении оксидов алюминия со временем. Так, в рядах 1500 лет — 2700 лет — фон и 2500 лет — 5000 лет — фон значения изменяются так: 19,88 — 17,39 — 17,18 и 26,33 — 21,15 — 17,18 соответственно, при этом в 2700-летней почве значение приближается к фоновому, тогда как в почвах обваловок они выше, а в более старой 5000-летней почве оно еще не достигло фонового.

Следует обратить внимание на контрастность данных соотношений в пределах каждого из профилей. Размах колебаний от-

ношений для железа гораздо больше, чем для алюминия. Так, в фоновой почве отношения SiO_2:Fe_2O_3 в горизонте А2 больше, чем в В1 в 4,25 раза, а отношения SiO_2:Al_2O_3 — в 1,74 раза. Подобная закономерность проявляется во всех разрезах, что свидетельствует о более сильной миграции и дифференциации профиля по соединениям железа, чем по алюминию.

Поскольку содержание алюминия существенно превышает содержание железа, то отношения SiO_2 и суммы полуторных оксидов R_2O_3 численно близки к отношениям SiO_2:Al_2O_3 и проявляют такие же закономерности изменений по профилю и с возрастом.

Таким образом, молекулярные соотношения SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3 подтверждают, что в рассматриваемых почвах происходит элювиально-иллювиальная дифференциация профилей, причем более сильная по соединениям железа. По горизонту А2 четкого изменения с возрастом не наблюдается, но в целом степень оподзоленности по железу выше в фоновой и наиболее старой 5000-летней почвах, наименьшая — в молодой почве возрастом 400 лет; по алюминию зависимости от времени для данного горизонта не выявлено. По горизонту В1 наблюдается уменьшение отношений SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3 с увеличением продолжительности почвообразования, т.е. накопление железа во всех разрезах, даже в 5000-летней почве, выражено слабее, чем в фоновой почве; по алюминию соотношение в 2700-летней почве приближается к фоновому, тогда как во всех остальных не достигает данного значения. Для сравнения напомним, что по коэффициентам дифференциации ХВ по валовому железу составило более 5000 лет, а установление ХВ по валовому алюминию требует дополнительных исследований.

Почвы Барсовой горы

В почвах Барсовой горы для возрастной оценки степени выноса и накопления полуторных оксидов в почвенных горизонтах мы также использовали молекулярные соотношения SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3 (табл. 6.24). Для оксидов железа они близки в

почвах разных возрастов и изменяются от 219,48 до 808,17. Для оксидов алюминия соотношения намного выше в 1400-летней почве (209,89–245,31) по сравнению с 3000–6000-летними (72,55–132,60, исключение — горизонт В3 — 324,02). Учитывая, что 1400-летняя почва формируется на оборонительном валу, в то время как все остальные рассматриваемые почвы — на обваловках жилищ, в дальнейшем будем рассматривать изменения в хроноряду 3000 — 4000 — 6000 лет.

Таблица 6.24.

Молекулярные отношения SiO_2:R_2O_3 по результатам валового состава почв Барсовой горы

Горизонт	Глубина, см	SiO_2:Fe_2O_3	SiO_2:Al_2O_3	SiO_2:R_2O_3 (R_2O_3- сумма Fe_2O_3 и Al_2O_3)
Разрез 28-92. 6000 летняя почва				
A2	1 - 5	767,00	132,60	113,05
B1	5 - 11	240,23	111,87	76,33
B2	11 - 32	312,03	101,36	76,51
Разрез 30-92. 4000 летняя почва				
A2	1 – 6	542,30	112,06	92,87
B1	6 – 10	258,11	78,21	60,02
B2	10 – 20	326,72	68,51	56,64
Разрез 29-92. 3000 летняя почва				
A0A1	1 – 2	683,73	93,02	81,88
A2	2 – 6	528,17	74,48	65,27
B1	6 – 8	219,48	72,55	54,53
B2	8 – 15	352,04	107,72	82,48
B3	15 – 35	292,11	324,02	153,62
Разрез 13-92. 1400-летняя почва				
A2	1 - 6	808,17	228,98	178,43
B1	6 - 10	288,09	209,89	121,43
B2	10 - 33	402,83	245,31	152,46
[A]	33 - 35	532,61	226,36	158,85
[A2]	34 - 46	790,30	339,31	237,39
[B1]	46 - 73	266,61	215,29	119,11
[BC]	95 - 100	554,50	722,35	313,70

Дифференциация почвенных профилей подтверждается изменением молекулярных соотношений. Процесс выноса полутор-

ных оксидов из элювиальных горизонтов фиксируется по максимальным значениям в последних данных соотношений. С увеличением времени почвообразования наблюдаем направленное изменение величин SiO_2:Fe_2O_3, SiO_2:Al_2O_3 и SiO_2:R_2O_3 (R_2O_3-сумма Fe_2O_3 и Al_2O_3) в горизонтах А2. В хроноряду 3000 — 4000 — 6000 лет соотношение для оксидов железа возрастает следующим образом: 528,17 — 542,30 — 767,00, для оксидов алюминия: 74,48 — 112,06 — 132,60, для суммы оксидов железа и алюминия: 65,27 — 92,87 — 113,05. Это свидетельствует о более сильном выносе оксидов и более выраженном накоплении кремнезема в элювиальных горизонтах почв с возрастом.

Минимальными величинами SiO_2:Fe_2O_3 характеризуются горизонты В1 всех изучаемых почв, что означает накопление оксидов железа в данных горизонтах. Значения соотношений близки во всех разрезах и не обнаруживают закономерного изменения с возрастом (219,48 — 258,11 — 240,23 в хроноряду 3000 — 4000 — 6000 лет).

Значения SiO_2:Al_2O_3 в иллювиальных горизонтах понижены по сравнению с элювиальными. Минимальные значения не всегда приурочены к В1, но всегда совпадают с горизонтом максимального накопления Al_2O_3:- с горизонтом В1 — в 1300- и 3000-летних почвах и В2 — в 4000- и 6000-летних почвах. В горизонтах наибольшего накопления соединений алюминия соотношения уменьшаются от 72,55 в 3000-летней почве до 68,51 в 4000-летней, однако возрастание данной величины до 101,36 в 6000-летней почве несколько нарушает наши представления об особенностях возрастных изменений молекулярных соотношений с возрастом почв.

Профильное изменение SiO_2:R_2O_3 имеет те же закономерности, что и SiO_2:Al_2O_3. В иллювиальных горизонтах не найдено зависимости от возраста изучаемых почв, а в элювиальных горизонтах наблюдается их возрастание с увеличением времени почвообразования.

Более широкий размах по профилю молекулярных соотношений для оксидов железа свидетельствует об их более интенсивной миграции и более сильной дифференциации профиля по сравнению с оксидами алюминия. К примеру, в 6000-летней почве

SiO_2:Fe_2O_3 в горизонте А2 в 3,19 раза больше, чем в В1 и в 2,46 раза, чем в В2. Для SiO_2:Al_2O_3 те же показатели составляют 1,18 и 1,31 раза соответственно.

Таким образом, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля прослеживается по изменению молекулярных соотношений SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3. При увеличении возраста почв с 3000 до 6000 лет в горизонте А2 наблюдается закономерное возрастание данных соотношений. Это свидетельствует о том, что степень выноса полуторных оксидов и относительное накопление кремнезема в элювиальных горизонтах 3000—6000-летних почв выражены более ярко в старших по возрасту почвах. В горизонтах В1 зависимости от времени почвообразования не выявлено.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРА

При небольшом кларке фосфора в земной коре (около 0,1%) и ограниченных его запасах в минералах главная роль в биогеохимических циклах (как в малом локальном, так и в глобальном) принадлежит живому веществу, накапливающему большие количества этого элемента. В почвах фосфор аккумулируется в органических и минеральных формах.

Почвы Ендырских памятников

В подстилках рассматриваемых почв по мере разложения органического вещества происходит высвобождение и накопление фосфора (исключая 400-летнюю почву). Так, в опаде его содержание минимально — от 0,03 до 0,04% P_2O_5 (см. табл. 6.17), к нижним слоям подстилок концентрация фосфора увеличивается до 0,07—0,13% в разных почвенных разрезах. По общим запасам P_2O_5 не замечено накопления фосфора в подстилках 400 — 5000-летних почв с увеличением времени почвообразования. Так, для возрастных рядов 1500 лет — 2700 лет — фон и 2500 лет — 5000 лет — фон получены величины 0,40 — 0,37 — 0,28 и 0,18 — 0,33 — 0,28 т P_2O_5/га соответственно, а в 400-летней почве — 0,11 т/га. После разложения биомассы часть высвобо-

дившегося фосфора вновь поглощается растениями, а часть мигрирует с образованием элювиально-иллювиального типа профильного распределения.

В фоновых почвах содержание фосфора в минеральных горизонтах соответствует среднему содержанию в песчаных породах, а профильное распределение имеет типичную для подзолистых почв ЭС-образную форму с повышенным количеством в подстилках, минимальным — в элювиальных горизонтах и максимальным — в иллювиальных горизонтах. Распределение валовых форм фосфатов в разновозрастных почвах также имеет ЭС-образную форму.

С увеличением времени почвообразования усиливается дифференциация профиля почв по валовым формам фосфора, о чем свидетельствуют КД (табл. 6.21): они уменьшаются по мере увеличения степени профильной дифференциации в хроноряду на оборонительных валах 1500— 2700-летняя — фоновая почва (0,13 — 0,08 — 0,03), и в ряду на обваловках 2500- 5000-летняя — фоновая почва (0,33 — 0,004 — 0,03). Учитывая слишком низкий коэффициент в 5000-летней почве, можно заключить, что по степени профильной дифференциации валового фосфора почвы достигают состояния зрелой подзолистой почвы после 2500—2700 лет.

Почвы Барсовой горы

Содержание валовых форм фосфора в изучаемых почвах невысокое — 0,01 — 0,24%P_2O_5 (см. табл.6.18), но при этом соответствует среднему содержанию в песчаных породах. Элювиально-иллювиальный тип распределения валового фосфора наблюдается в 6000 — 3000- и 1300-летних почвах, в 4000-летней почве в горизонте А2 содержание фосфора несколько повышено по сравнению с В1. Напомним, что мы выделили разрез 30—94 (4000-летняя почва) из круга рассматриваемых при обсуждении содержания подвижных фосфатов, поскольку разрез отличался чрезмерно высокой концентрацией P_2O_5 в подстилке и в горизонте А2 в связи с современным антропогенным загрязнением почвы фосфором. Полагаем, что данное

явление стало причиной изменения профильного содержания не только подвижных фосфатов, но и валового фосфора.

Анализ КД показывает, что (не рассматривая 4000-летнюю почву) степень дифференциации профиля резко усиливается (см. табл.6.20) в 6000-летней почве (КД=0,05), в то время как в 1400-летней и 3000-летней почвах она одинакова (КД составляют 0,17 и 0,19 соответственно) и намного меньше по сравнению с самой старой почвой. Тем не менее, судя по величинам КД, во всех изучаемых почвах степень профильной дифференциации фосфора по сравнению с другими элементами намного сильнее, т.е. он оказался достаточно подвижным и активно мигрирующим. В погребенной почве разреза 13—92, которая являлась фоновой 1300 лет и более назад, значение КД валового фосфора также очень низкое (0,04) и равно его значению в 6000-летней почве (0,05). Подобное значение коэффициента в 6000-летней почве позволяет предполагать, что ХВ к данному возрасту уже достигнуто, т.е., находится в пределах от 3000 до 6000 лет.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ И МАГНИИЯ

Почвы Ендырских памятников

Низкое содержание этих элементов в почвах обусловлено изначально низким содержанием в почвообразующей породе и значительным проявлением процесса выщелачивания, связанного с растворимостью и подвижностью основных элементов в кислых условиях среды. В изучаемых почвах содержание данных элементов ниже среднего содержания в песчаных породах («Справочник...», 1990): содержание кальция в минеральных горизонтах не превышает 0,48% CaO, магния колеблется от 0,0 до 0,70% MgO (см. табл. 6.17).

Кальций относится к элементам-биофилам, что находит свое отражение в повышенном содержании валового кальция в подстилках по сравнению с минеральными горизонтами (см. табл. 6.17). В противоположность ранее рассмотренным элементам в

подстилках кальций в наибольших количествах находится в верхних их слоях А01 (растительном опаде) — от 0,95 до 1,50% CaO, к нижним слоям содержание уменьшается до 0,27—1,10% (исключение составляет подстилка 5000-летней почвы, в которой количество CaO увеличивается вниз от А01 (0,75%) до А02 (1,31%)). При этом в подгоризонтах А02 при разложении органического материала содержание кальция убывает с возрастом почв достаточно заметно и еще далеко до фонового значения. В подгоризонте А03 содержание кальция также убывает с возрастом, что прослеживается менее отчетливо. В целом уменьшение содержание кальция вниз по подгоризонтам подстилок говорит о его интенсивном биологическом поглощении и вымывании из подстилок.

В зональных подзолистых почвах профильное распределение кальция имеет ЭС-образную форму. Аналогичное распределение наблюдается нами как в фоновой, так и в изучаемых разновозрастных почвах. Как и ранее, мы попытались выявить различия в возрасте почв по коэффициентам дифференциации (см. табл. 6.21). В целом следует отметить, что как в фоновой, так и в изучаемых почвах КД близки к единице, что свидетельствует о нахождении кальция в труднорастворимых соединениях. Влияние возраста, хотя и проявляется, но относительно слабо. Так, у почв до 2700 лет КД равен 0,90—0,92, а у фоновой почвы — 0,78. Можно также отметить, что коэффициенты внутрипрофильной дифференциации почв по валовому кальцию больше по сравнению с фоновыми почвами, хотя в возрастном ряду четкой зависимости не наблюдается. В целом степень дифференциации почвенных горизонтов по валовому кальцию достаточно низкая, например по сравнению с железом происходит в 2—2,5 раза медленнее. По распределению кальция почвы достигают зрелого состояния после 2500—2700 лет.

По подгоризонтам подстилок MgO распределяется аналогично CaO с уменьшением значений от верхних слоев к нижним, не накапливаясь в последних. Но нужно заметить, что магния с растительным опадом поступает меньше, чем кальция (0,54—1,03% MgO в А01). Закономерных изменений в содержании магния по подгоризонтам подстилок с возрастом не отмечено.

В профильном распределении магния в минеральной части профиля выявлены следующие особенности: в интервале 400—1500 лет и в 5000-летней почве содержание магния убывает вглубь почвенного профиля, но у 2700-летней почвы меняется на элювиально-иллювиальный тип распределения, соответствующий распределению в фоновой почве, при этом КД 2700-летней и у фоновой почв близки. В целом в профильной дифференциации магния не обнаружено четкой закономерности, связанной со временем почвообразования.

Почвы Барсовой горы

Как почвообразующие породы, так и почвы бедны соединениями кальция. В минеральном профиле колеблется от 0,42 до 0,84% CaO (см. табл.6.18). Все изучаемые почвы, включая погребенную почву разреза 13—92, характеризуются однотипным — элювиально-иллювиальным — профильным распределением валового кальция: содержание в элювиальных горизонтах — от 0,42 до 0,69%, в иллювиальных — от 0,70 до 0,84%.

Степень внутрипрофильной дифференциации менее значительна по сравнению с валовым железом и фосфором (см. табл.6.20). В возрастных рядах найдены некоторые особенности: наиболее сильна дифференциация в 1400-летней почве (КД=0,59), в 3000- 4000-летних почвах она ослабевает (КД=0,90—0,98), а к 6000-летнему возрасту вновь усиливается (КД=0,67). Имеющиеся данные дают основание предполагать, что 3000- 4000-летние почвы не достигли зрелого состояния и ХВ по профильной дифференциации валового CaO превышает данный возраст.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ МАРГАНЦА И ТИТАНА

Почвы Ендырских памятников

Содержание оксидов марганца в изучаемых почвах очень низкое и меньше среднего содержания в песчаных породах («Справочник...», 1990) — от 0,01 до 0,05% MnO. Роль марганца в почво-

образовании близка к железу, но на примере изучаемых почв мы не всегда наблюдаем сходство в распределении этих двух элементов. Внутрипрофильное распределение марганца в фоновой почве носит элювиально-иллювиальный характер. Распределение в почвах на оборонительных валах соответствует фоновой, при этом величины КД в 1500-летней и 2700-летней почвах совпадают (0,66) и больше, чем в фоновой почве (0,50). В почвах на обваловках профильное распределение марганца не соответствует фоновому — его содержание уменьшается вглубь профиля и КД=1 в 2500-летней почве и больше 1 — в 5000-летней (см. табл. 6.21). Видим, что по имеющимся данным о содержании и дифференциации марганца нельзя судить о возрасте изучаемых почв, возможно, трудности выявления временных изменений связаны с очень низкими концентрациями марганца в данных почвах.

Концентрации оксидов титана в почвах соответствует среднему содержанию в песчаных породах. Этот элемент не принимает активного участия в почвообразовании. Его количество в изучаемых почвах колеблется от 0,19 до 0,49% TiO_2 (см. табл. 6.17). Профильное распределение характеризуется увеличением содержания при переходе от подстилок к горизонтам А2 и далее к горизонтам В1, В2, В3 с небольшими колебаниями в пределах данных иллювиальных горизонтов.

Почвы Барсовой горы

Изучаемые почвы особенно бедны соединениями данных элементов: 0,005—0,020% MnO и 0,01—0,05% TiO_2, что ниже среднего содержания в песчаных породах. В изучаемых почвах наблюдается пониженное содержание MnO в горизонтах А2 и повышенное — в В1, за исключением 6000-летней почвы, в которой содержания MnO в указанных горизонтах равны. По содержанию марганца, а также по КД этого элемента не прослеживается закономерных изменений, связанных с возрастом почв.

В профильном распределении титана отмечается элювиально-иллювиальный тип в молодых 1400-летней и 3000-летней почвах, равное содержание в пределах профиля 4000-летенй почвы и

незначительное повышение — в горизонте В2 по сравнению с А2 и В1 в 6000-летней почве. Соответственно КД в первых двух профилях отражают дифференцированность профиля (0,40 и 0,50), а в старых почвах — равномерное распределение (КД=1,0). В целом колебания содержания TiO_2 по профилю незначительны во всех разрезах, а его содержание и КД не обнаруживают зависимости от продолжительности почвообразования.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ КАЛИЯ И НАТРИЯ

Почвы Барсовой горы

Содержание обоих элементов в рассматриваемых почвах невелико, что обусловлено их низким содержанием в почвообразующих породах. Оба элемента, являясь щелочными металлами, обладают высокой миграционной способностью. Но все же, калий, высвобождаясь из кристаллических решеток минералов, намного активнее вовлекается в биологический круговорот.

В изучаемых почвах содержание калия, как правило, несколько выше, чем натрия в соответствующих горизонтах: от 0,21 до 0,94% K_2O и от 0,19 до 0,94% Na_2O (см. табл. 6.18). Профильное распределение обоих элементов различно. В 4000- и 6000-летних почвах наблюдается незначительная аккумуляция (биологическая) калия в верхних горизонтах А2 и В1 по сравнению с В2, а 3000- и 1300- летние почвы характеризуются вымыванием калия из подзолистого горизонта и накоплением в иллювиальным. Распределение натрия и калия совпадает в 1300-, 3000-, 4000-летних почвах, за исключением 6000-летней почвы, где содержание натрия повышается от верхних горизонтов к нижнему.

Ни содержание калия и натрия, ни анализ коэффициентов дифференциации профилей (см. табл. 6.20) не показали закономерных изменений в возрастных рядах рассматриваемых 1400—6000-летних почв.

Для сопоставления скорости дифференциации профиля по различным химическим элементам на основе сравнения КД по

валовому составу были составлены ряды подвижности элементов в почвах разных возрастов. В хроноряду почв оборонительных валов Ендырских памятников 1500 лет — 2700 лет — фон элементы расположились в следующем порядке по мере уменьшения выраженности процесса дифференциации (в знаменателе — КД):

Фоновая почва	P	Fe	Mn	Al	Mg	Ca
	0.03	0.26	0.50	0.61	0.64	0.78
2700-летняя почва	P	Fe	Mn	Mg	Al	Ca
	0.08	0.42	0.51	0.59	0.71	0.92
1500-летняя почва	P	Fe	Mn	Al	Ca	Mg
	0.15	0.43	0.59	0.73	0.90	1.57

Видно, что наиболее сильно дифференцирован по профилю фосфор, отнесенный нами в первую группу с самыми низким значением КД. Во вторую группу элементов вошли железо и марганец. Меньшей скоростью дифференциации и подвижностью обладают алюминий, кальций и магний, но их расположение в рядах относительно друг друга может варьировать.

В почвах обваловок элементы располагаются в следующем порядке:

5000-летняя почва	P	Fe	Al	Ca	Mn
	0.004	0.30	0.58	0.65	1.06
2500-летняя почва	P	Fe	Al	Mn	Ca
	0.33	0.36	0.48	0.88	0.90

Как и в фоновой, и почвах валов, наиболее подвижен фосфор, за ним также следует железо, а в последующем расположении элементов наблюдаются некоторые отличия: более дифференцированным является профиль по алюминию, а марганец и кальций мигрируют по профилю медленнее.

Элементы в ряду 400-летней почвы располагаются следующим образом:

P	Ca	Fe	Al	Mn	Mg
0.28	0.48	0.61	0.92	5.00	5.00

Молодая 400-летняя почва отличается от других более высокой скоростью перемещения кальция, который на наиболее ранних стадиях почвообразования подвергается более сильному выносу, происходит выщелачивание всего профиля, после чего интенсивность миграции заметно снижается, и в почвах, по-видимому, остаются труднорастворимые соединения данного элемента. Следующим в ряду располагается железо, но количественно его степень дифференциации слабее, чем в более старых почвах; менее интенсивно мигрирует алюминий. Для марганца и магния вообще не обнаружен вынос в иллювиальные горизонты.

В почвах Барсовой горы по мере уменьшения степени дифференциации элементы образуют следующие ряды (поведение калия, натрия и титана не рассматривалось):

6000-летняя почва	P	Fe	Ca	Al	Mn
	0,05	0,31	0,67	0,83	1,00
4000-летняя почва	Fe	Mn	Al	Ca	
	0,48	0.67	0.71	0.98	
3000-летняя почва	P	Fe	Ca =	Mn	Al
	0,19	0,42	0,90	0,90	1,00
1400-летняя почва	P	Fe	Mn	Ca	Al
	0,17	0,36	0.55	0.59	0.92

Таким образом, расположение элементов в почвах разных возрастов во многом совпадает. Кроме того, совпадение прослеживается при сравнении данных почв с фоновой и 1500—2700-летними почвами оборонительных валов Ендырских памятников. Здесь мы также выделяем те же три группы элементов: сильнее всего почвенные профили дифференцированы по содержанию валового фосфора, вторую группу составляют железо и марганец, медленнее мигрируют и менее дифференцированы в профиле алюминий и кальций. Не подчиняется полученным закономерностям лишь расположение марганца в ряду 6000-летней почвы, для которого вообще не характерен элювиально-иллювиальный тип распределения.

Учитывая высокую биофильность фосфора, логично было бы предположить его биологическую аккумуляцию в верхней части

профиля, охватывающую в том числе и горизонт А2, и вследствие этого дифференциация фосфора должна быть менее выражена по сравнению с другими элементами. Тем не менее потеря фосфора из горизонта А2 достаточно высока, что связано со значительной активностью абиогенных процессов и, возможно, интенсивным биологическим поглощением его из верхних горизонтов А1А2 и А2 высшими растениями, произрастающими на бедных песчаных породах.

Некоторые авторы (Хмелинин, 1984) отмечают, что в суглинистых подзолистых почвах миграционная способность фосфора и железа чрезвычайно близки (основываясь на соотношениях P/Fe в различных горизонтах и почвообразующей породе). Но в то же время при элювиальном типе распределения валового фосфора из горизонта А2 почвенных профилей фосфор вынесен менее, чем железо. Этот факт дает представление об относительной аккумуляции и удержании фосфора в элювиальной части профиля благодаря его трансформации в формы соединений, устойчивые в среде, свойственной подзолообразованию, прежде всего в фосфаты органических соединений.

Полученные нами коэффициенты дифференциации (А2/В1) и построенные на их основе ряды подвижности элементов показывают, что обеднение соединениями фосфора элювиальных горизонтов песчаных подзолистых почв относительно иллювиальных горизонтов более значительно по сравнению с железом.

Сравнивая расположение элементов в построенных нами рядах разновозрастных почв, подчеркнем соответствие степени выраженности дифференциации различных элементов относительно друг друга и скорости их миграции в почвах старше 1300 лет на двух группах памятников.

ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННАЯ ВОДА

Интересным и информативным показателем для разграничения почв по возрасту оказался показатель содержания химически связанной воды. Химически связанной водой называют гидратную, кристаллизационную и конституционную воду, которая входит в

состав почвенных минералов. Процесс развития коры выветривания и сопряженных с ней биогеоценозов сопровождается вовлечением все возрастающих количеств воды в новообразованные компоненты географической оболочки (Волобуев, 1961). Известно, что в процессе почвообразования происходит не только выветривание первичных минералов, но и образование вторичных, о чем можно судить по количеству химически связанной воды, количество которой может оказаться различным в почвах, отличающихся друг от друга по длительности происходящих процессов. В изучаемых песчаных почвах содержание химически связанной воды небольшое и колеблется от 0,33 до 1,51% (см. табл. 6.17). Профильное распределение аналогично во всех почвах, кроме молодой 400-летней: в элювиальных горизонтах количество химически связанной воды минимально — от 0,24 до 0,71%, в иллювиальных горизонтах оно возрастает (0,78—1,41%), так как именно в этих горизонтах больше содержание вторичных минералов.

Коэффициенты дифференциации химически связанной воды (см. табл. 6.21) иллюстрируют различия в возрасте изучаемых почв. На оборонительных валах КД уменьшается от 0,72 в 1500-летней почве до 0,49 в 2700-летней и до 0,28 — в фоновой, т.е. к 2700-летнему возрасту почвы на валах не достигают зрелого состояния, однако в почвах на обваловках КД близки к фоновому значению как в 5000-летней, так и в более молодой 2500-летней почве. Данные о содержании химически связанной воды показывают накопление со временем в горизонтах В1 вторичнообразованных минералов.

Таким образом, обобщая результаты валового состава почв, во-первых, нужно отметить сходство в валовом содержании всех определяемых элементов в почвах на обваловках жилищ, оборонительных валах и в фоновой. Исходя из этого можно утверждать, что почвы на оборонительных валах и обваловках формировались на той же по химическому составу почвообразующей породе, что и фоновые почвы. С учетом сходства других факторов почвообразования мы полагаем, что изменения в валовом составе почв являются следствием разной продолжительности

почвообразования. В целом в сравниваемых почвах наблюдается однотипное профильное распределение основных химических элементов, что свидетельствует об однотипности генезиса этих почв. Во-вторых, со временем усиливается профильная дифференциация элементов. Для некоторых элементов нам удалось определить их ХВ. Наиболее четкие закономерности с возрастом изучаемых 400- 5000-летних почв Ендырских памятников прослеживаются по валовым формам железа, фосфора, кальция. Так, по валовым формам железа ХВ составляет более 5000 лет. От 2700 до 5000 лет требуется для формирования зрелого профиля по валовым фосфору и кальцию.

Аналогичные результаты получены для 1300- 6000-летних почв Барсовой горы. Установлено, что ХВ по валовым формам железа превышает 4000 лет, для валового фосфора находится в пределах от 3000 до 6000 лет, а по валовым формам кальция для достижения зрелого равновесного состояния требуется более 3000—4000 лет.

Информативными показателями являются также молекулярные отношения SiO_2:Fe_2O_3 и SiO_2:Al_2O_3. Обнаружено закономерное изменение их с возрастом: уменьшение — в горизонтах В1 на Ендырских памятниках и увеличение — в горизонте А2 в почвах Барсовой горы. Для горизонта А2 почв Ендырских памятников и горизонта В1 почв Барсовой горы закономерности не найдены, но результаты, полученные на этих двух разных объектах, дополняют друг друга. По данным показателям почвы не достигают фонового состояния к 5000 и 6000 годам. Таким образом, наибольшие ХВ найдены для почвенных показателей валового состава по сравнению с подвижными формами элементов, т.е. дифференциация валового состава происходит медленнее.

Совпадение найденных нами ХВ по ряду элементов на различных группах памятников, расположенных в пределах одной природной зоны, еще раз подтверждает эффективность и надежность используемых нами коэффициентов дифференциации А2/В1.

6.4. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Гранулометрический состав почв является важной характеристикой, от которой зависят все физические свойства почв: порозность, влагоемкость, водопроницаемость, воздушный и тепловой режимы и другие.

Как уже указывалось, гранулометрический состав оказывает большое влияние на характер процесса подзолообразования. Принципиальную разницу подзолообразования на песчано-супесчаных породах и на суглинисто-глинистых породах отмечали практически все исследователи подзолистых почв (Роде, 1937; Завалишин, 1973; Пономарева, 1964; Таргульян, 1971). Почвообразование в районе исследования идет под сосняками на супесчаных породах, под ельниками на легких суглинках (табл. 6.25; 6.26; 6.27). В настоящей работе использована классификация гранулометрических элементов по Н.А. Качинскому (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Гранулометрический состав почв наследуется от материнской породы, на которой эта почва образуется, вместе с тем, в процессе почвообразования он не остается постоянным. При подзолообразовании на песчаных породах гранулометрический состав в верхних горизонтах изменяется незначительно по сравнению с материнской породой (Роде, 1937). Тем не менее общим следствием подзолообразовательного процесса являются следующие черты почв: в горизонте А2 содержание частиц размером менее 0,001 мм (фракция ила) и коллоидов по сравнению с материнской породой резко снижено, а частиц крупнее 0,01 мм — повышено. Вследствие относительного накопления крупных частиц гранулометрический состав горизонта А2 становится более легким. В горизонте В1 содержание илистой фракции по сравнению с материнской породой больше. Таким образом, происходит дифференциация почвенного профиля по механическому составу.

Действительно, как видно из табл. 6.25, 6.26 и 6.27, по сумме частиц <0,01 мм (физическая глина) элювиальные горизонты являются более легкими: песчаными — при супесчаных горизонтах В1 (разрезы 3–97, 6–97, 5–97, 28–92, 29–92, 30–92,15–92, 20–92,

Таблица 6.25

Гранулометрический состав разновозрастных почв под сосняками Ендырских памятников,%

Горизонт, глубина, см	Фракции, мм						Потери от обработки	Сумма частиц < 0,01мм
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001 мм		
	Разрез3-97. Фоновая почва							
A2 6-12	39,35	45,58	8,34	1,84	3,05	1,44	0,40	6,33
B1 12-16	36,49	40,59	9,17	1,83	4,02	7,45	0,45	13,30
B2 16-47	32,58	41,24	9,97	2,51	3,54	9,99	0,17	16,04
B3 47-84	40,55	35,73	7,66	0	3,90	11,49	0,67	15,38
BC >84	31,47	42,73	10,12	0	3,54	11,91	0,23	15,45
	Разрез 1-97. 5000-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A2 5-11	36,56	56,35	2,68	1,36	1,59	1,45	0,01	4,40
B1 11-15	30,59	57,11	3,01	1,12	2,58	4,76	0,83	8,46
B2 15-55	35,16	58,07	2,69	0,07	1,26	2,48	0,27	3,81
	Разрез 7-97. 2500-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A2 5-14	34,10	60,52	1,41	1,26	1,54	0,80	0,37	3,60
B1 14-15	36,81	52,68	2,58	1,32	3,74	2,36	0,51	7,42
B2 15-21	40,72	50,29	2,53	0,62	2,76	2,50	0,58	5,88
	Разрез 6-97. 2700-летняя почва на валу городища							
A2 10-12	37,25	49,91	5,46	1,72	1,72	3,45	0,49	6,89
B1 12-18	39,09	41,15	5,65	1,94	2,53	8,61	1,03	13,08
B2 18-53	42,95	42,95	4,69	1,30	2,37	5,47	0,27	9,14
B3 53-76	33,86	50,45	6,10	0,49	2,54	6,15	0,41	9,18
	Разрез 5-97. 1500-летняя почва на валу городища							
A2 7-12	37,69	47,96	6,89	1,21	2,64	3,61	0,29	7,46
B1 12-17	31,39	52,12	4,79	1,79	2,28	7,43	0,20	11,50
B2 17-28	31,80	47,75	6,65	2,26	1,49	9,34	0,71	13,09
B3 28-44	21,77	41,01	14,27	3,82	4,80	13,75	0,58	22,37
B3 44-73	31,45	34,31	12,85	4,04	3,68	13,51	0,16	21,23

Таблица 6.26

Гранулометрический состав разновозрастных почв в еловых лесах (Ендырские памятники),%

Горизонт, глубина, см	Фракции, мм						Потери от обработки	Сумма частиц < 0,01мм
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001 мм		
	Разрез 3-98. Фоновая почва							
A2 8-13	34,53	36,51	10,45	4,27	5,10	8,82	0,33	18,19
B1 13-23	29,85	28,52	14,12	6,16	1,31	18,71	1,34	26,18
B2 23-39	26,85	43,76	5,46	1,24	8,05	14,01	0,62	23,30
B3 39-50	39,99	15,08	17,63	3,28	6,45	16,70	0,88	26,43
B3 50-65	30,74	27,94	14,53	3,99	4,82	17,58	0,40	26,39
B3 65-84	49,46	11,56	16,48	8,58	0,76	12,52	0,39	21,86
BC 84-100	61,98	27,36	2,65	0,18	0,64	7,11	0,08	7,93
	Разрез 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника							
A2 7-8	30,52	45,85	8,98	3,38	2,85	7,81	0,61	14,92
B1 8-18	23,53	41,70	9,96	2,99	2,65	8,22	0,95	14,84
	Разрез 2-98. 400-летняя почва, выкид из могильной ямы							
A2 8-13	46,82	25,35	10,86	0,30	4,07	11,83	0,77	16,20
B1 13-25	35,89	31,60	9,33	4,22	5,25	12,37	1,33	21,84

Таблица 6.27

Гранулометрический состав разновозрастных почв Барсовой горы, %

Горизонт, глубина, см	Фракции, мм						Потери от обработки	Сумма частиц < 0,01мм
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001 мм		
	Разрез 28-92. 6000-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A0A1 1-2	28,02	46,37	18,65	0,98	0,34	0,61	5,03	1,93
A2 2-6	34,76	37,77	16,48	3,57	0,36	0,49	4,57	4,42
B1 6-12	29,45	40,68	17,39	4,66	2,19	2,08	3,55	8,93
B2 12-33	34,72	35,92	16,18	4,98	3,16	2,22	2,82	10,36
	Разрез 30-92. 4000-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A2 1-6	36,79	38,65	15,44	3,99	2,53	0.46	1,87	6,98
B1 6-10	56,53	26,09	6,22	4,46	2,44	1,20	3,06	8,10
B2 10-20	33,77	42,06	11,99	4,87	3,00	1,24	3,07	9,11
	Разрез 29-92. 3000-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A2 2-6	39,12	41,87	7,03	1,68	3,56	3,70	3,04	8,94
B1 6-8	35,91	33,77	15,89	1,83	4,00	4,47	4,13	10,30
B2 8-15	33,81	35,79	15,78	2,72	4,06	4,48	3,36	11,26
B3 15-35	40,31	39,82	5,48	1,97	3,95	4,50	3,97	10,42
	Разрез 27-92. 2500-летняя почва на валу городища							
A1A2 3-7	46,99	30,67	9,87	1,13	2,99	5,29	3,06	9,41
A2 7-11	40,80	44,64	5,88	1,71	3,66	2,22	1,09	7,59
B1 11-16	41,85	40,17	10,83	1,02	2,15	3,12	0,86	6,29
B2 16-41	40,34	38,92	5,00	2,47	7,55	1,37	4,35	11,39

Окончание табл. 6.27

Горизонт, глубина, см	Фракции, мм						Потери от обработки	Сумма частиц < 0,01мм
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001 мм		
	Разрез 26-92. 2500-летняя почва на валу городища							
A1 3-8	39,42	38,42	6,36	10,36	0,01	4,14	1,29	14,51
A2 8-15	46,01	36,01	9,06	3,80	1,73	2,11	0,48	7,64
B1 15-23	44,09	17,16	19,40	10,98	3,30	2,16	2,91	16,44
B2 23-43	48,53	28,47	11,85	1,52	1,35	6,68	1,60	9,55
	Разрез 15-92. 2500-летняя почва на валу городища							
A2 3-4	33,56	51,63	4,70	8,23	0,95	0,80	0,13	9,98
B1 4-15	35,70	34,07	15,83	0,84	8,85	2,30	2,41	11,99
B2 15-37	35,95	48,36	10,74	2,90	0,36	0,07	1,62	3,33
	Разрез 20-92. 2500-летняя почва на валу городища							
A2 7-11	28,69	63,99	2,87	1,53	0,12	1,73	1,07	3,38
B1 11-17	41,81	39,61	3,87	1,44	4,03	6,06	3,18	11,53
B2 17-37	36,20	54,33	0,08	2,69	2,40	2,47	1,85	7,56
	Разрез 18-92. 500-летняя почва на обваловке жилищной впадины							
A2 2-5	42,99	39,70	9,23	2,10	1,22	2,47	1,99	5,79
B1 5-11	53,13	30,44	3,34	1,04	4,09	5,62	2,34	10,75
B2 11-31	48,82	28,93	7,12	2,58	3,91	5,58	3,06	12,07

26—92, 18—92), рыхлыми песками — при горизонтах В, представленных песками связными (разрезы 1—97, 7—97), супесчаными — в суглинистых почвах (разрезы 3—97, 4—98, 2—98). Данное явление прослежено как в фоновых почвах, так и в почвах всех возрастов, за исключением почвы разреза 4—97 (400 лет) на Ендырском могильнике, недифференцированной по данному показателю, и 27—92 (2500 лет) на валу городища Барсовой горы, в котором горизонты А1А2, А2 и В1 представлены песками связными, а более тяжелым, супесчаным, составом характеризуется горизонт В2.

Профильное распределение содержания частиц, относящихся к разным фракциям, имеет следующие особенности.

Почвы Ендырских памятников

Содержание фракции крупного и среднего песка (1—0,25 мм) по профилю в фоновой почве сосняка колеблется от 32,58 до 40,55%, в изучаемых — от 30,59 до 42,95%; в фоновой почве ельника — от 26,85 до 61,98%, в 400-летних почвах ельника — от 23,53 до 46,82%. В большинстве случаев содержание этой фракции повышено в горизонтах А2 по сравнению с горизонтами В1 и В2, за исключением разрезов 7—97 (2500 лет, обваловка) и 5—97 (1500 лет, оборонительный вал).

Содержание частиц фракции мелкого песка (0,25—0,05 мм) в фоновой почве сосняка колеблется в пределах 35,73—45,58%, в разновозрастных — от 34,31 до 60,52%. Профильное распределение относительно равномерное, что больше всего выражено в разрезах 1—97 (5000-летняя почва) и 7—97 (2500-летняя почва). В разрезе 5—97 при незначительном колебании в верхней части профиля (47,75—52,12%) содержание фракции снижается к нижним горизонтам до 34,31%, в фоновой почве более выраженное изменение приурочено к горизонту В3 (35,73%). Каких-либо сходных закономерностей в распределении по профилю не наблюдается.

В ельниках фоновая почва характеризуется существенными колебаниями в содержании фракции мелкого песка по профилю — от 11,56 до 43,76%, в 400-летних почвах оно составляет

25,35—45,85%. Общей тенденции в накоплении данных частиц в какой-либо части профиля не обнаружено.

Следует отметить преобладание песчаной фракции во всех горизонтах изучаемых почв. Суммарное содержание песчаных фракций составляет 63—95% в почвах сосняков и 55—76% — в почвах ельников. В фоновой почве ельника выделяется горизонт ВС, в котором содержание песка достигает почти 90%, причем в нем по сравнению с вышележащими заметно снижено содержание всех более мелких фракций (фракций пыли и ила).

Содержание фракции крупной пыли (0,05—0,01 мм) значительно ниже, чем песчаных фракций: в фоновой почве сосняка — 7,66—10,12%, в почвах валов — 4,69—14,27%, в почвах обваловок — 1,41—2,69%. Распределение частиц по профилю почти равномерное, за исключением разреза 5—97 (1500-летняя почва), в котором их доля существенно выше в нижней части профиля. В фоновой почве также наблюдается некоторое повышение содержания фракции в горизонте ВС. В фоновой почве ельника содержание данной фракции изменяется от 2,65 до 17,63%, причем можно отметить накопление крупной пыли в средней части профиля 39—84 см (с некоторыми колебаниями). В молодых 400-летних почвах разница между горизонтами небольшая (9,33—10,86%).

Почвы под сосняками наиболее бедны частицами средней пыли (0,01—0,005 мм): 1,83—2,51% — в фоновой почве и 0,07—4,04% — в разновозрастных. Общих закономерностей профильного изменения не наблюдается. В ельниках содержание фракции средней пыли несколько выше: 0,18—8,58% — в фоновой почве и 0,30—4,22% — в 400-летних. Закономерных изменений по профилю не обнаружено. Об отсутствии общих закономерностей в дифференциации профиля на элювиальные и иллювиальные горизонты по всем фракциям с частицами крупнее 0,005 мм свидетельствуют также КД А2/В1 (табл. 6.28; 6.29). Значения КД, близкие к единице, говорят об отсутствии или слабой дифференциации профиля. Изменений, связанных со временем почвообразования, по данным фракциям не обнаружено.

В распределении фракции мелкой пыли (0,005–0,001) в сосняках проявляется общая тенденция: слабая дифференциация профиля с низким содержанием в горизонте А2 и незначительным повышением — в В1. В сосняках исключение составляет лишь разрез 5–97 (1500-летняя почва). Нередко отмечаемая в профиле песчаных подзолистых почв дифференциация пылеватых фракций (0,05–0,001 мм), вероятно, имеет суспензионный характер, что хорошо согласуется с микроморфологией (Таргульян, 1971). Однако четких возрастных изменений не выявлено: фоновая почва по КД (табл. 6.28) даже менее дифференцирована, чем 2500–5000-летние почвы, а минимальный КД характеризует 2500-летнюю почву. В фоновой почве в целом несколько повышено содержание мелкой пыли: 3,05–4,02% по сравнению с 1,26–3,74% в остальных почвах (в единичном случае — 4,80%). В почвах ельников и по данной фракции не выявлено закономерности.

Таблица 6.28.

Коэффициенты дифференциации А2/В1 по гранулометрическому составу почв сосняков. Ендырские памятники

Размер фракции, мм	Фоновая почва	Почвы обваловок жилищ		Почвы оборонительных валов	
		5000 лет	2500 лет	2700 лет	1500 лет
1 – 0,25	1,08	1,20	0,93	0,95	1,20
0,25 – 0,05	1,12	0,99	1,15	1,21	0,92
0,05 – 0,01	0,91	0,89	0,55	0,97	1,44
0,01 – 0,005	1,00	1,21	0,95	0,89	0,68
0,005 – 0,001	0,76	0,62	0,41	0,68	1,16
< 0,001 (ил)	0,19	0,30	0,34	0,40	0,48
Σ< 0,01	0,48	0,52	0,49	0,53	0,65

Наиболее информационной фракцией в процессе подзолообразования является илистая фракция (<0,001 мм). Ее содержание закономерно изменяется по почвенному профилю: минимальные количества находятся в элювиальных горизонтах, максимальные — в иллювиальных. В целом, как в почвах под сосняками, так и под

Таблица 6.29.

Коэффициенты дифференциации A2/B1 по гранулометрическому составу почв ельников. Ендырские памятники

Размер фракции, мм	Фоновая почва	400-летняя почва	
		разрез 4-97	разрез 2-98
1 – 0,25	1,16	1,30	1,30
0,25 – 0,05	1,28	1,10	0,80
0,05 – 0,01	0,74	0,90	1,16
0,01 – 0,005	0,69	1,13	0,07
0,005 – 0,001	3,89	1,08	0,78
< 0,001 (ил)	0,47	0,95	0,96
Σ< 0,01	0,69	1,01	0,74

ельниками повторяется тот же тип распределения. Классическая «подзолистая» элювиально-иллювильная дифференциация профиля по количеству ила не является обязательной и далеко не всегда проявляется в Al-Fe-гумусовых почвах, даже на песках. Отсутствие элювиального минимума связывается с образованием ила в горизонтах A2, превышающем по интенсивности процессы выноса и разрушения, что возможно в почвах на породах, содержащих большое количество способных к выветриванию первичных минералов (Таргульян, 1971). Но в отличие от почв на полимиктовых песках, почвы, развитые на многократно переотложенных, обедненных первичными силикатами флювиогляциальных и аллювиальных песках, характеризуются, как правило, элювиальным минимумом ила и накоплением его в горизонте B (Таргульян, 1971; Соколов, Градусов, 1989), что наблюдается в почвах западно-сибирской средней тайги на кварцевых песках (Добровольский и др, 1981; Гаджиев, Овчинников, 1977; Гаврилова, Долгова, 1972). Поэтому наблюдаемое распределение ила мы считаем закономерным следствием почвообразования и выветривания в почвах легкого механического состава в условиях гумидного климата.

Используемые КД для выявления возрастных различий в почвах свидетельствуют о закономерном их уменьшении КД с возрастом почв и достаточно значительных различиях с фоновыми зна-

чениями. Полученные КД позволяют связать их различие с возрастом изучаемых почв. Так, у 400-летних почв КД близок к 1 (0,95—0,96), тогда как в фоновой почве под ельником он равен 0,47. Под сосняками в фоновой почве на супесях степень отмытости горизонта А2 в 2,5 раза больше, чем под ельником, что в целом может быть связано как с пониженным содержанием илистых частиц в супесях, так и с особенностями растительного покрова. В целом КД с увеличением возраста почв уменьшается, но даже у 5000-летней почвы он больше (0,30) фонового значения (0,19) в 1,6 раза, что свидетельствует о малой скорости перемещения илистых частиц.

Изменение КД по илистым частицам хорошо согласуется с изменением КД по валовому железу (см. рис. 6.6). Значения коэффициентов близки и по обоим параметрам не достигают фоновых значений даже к 5000 годам, что свидетельствует о сопряженности процессов миграции ила и валового железа.

Почвы Барсовой горы

В гранулометрическом составе изучаемых почв преобладают песчаные фракции: содержание крупного и среднего песка (1—0,25 мм) изменяется от 28,02 до 56,53%, а мелкого песка (0,25—0,05 мм) — от 17,16 до 63,99% (см. табл. 6.27). В распределении фракций крупного и среднего песка нет единой закономерности: в 4000-, 2500- (разрез 20—92) и 500-летней почвах горизонт В1 характеризуется максимальным содержанием, вверх и вниз по профилю оно уменьшается. В 6000- 3000-летних и 2500-летней (разрез 26—92) почвах повышенные по сравнению с горизонтами В1 значения приурочены к горизонтам А2 и нижележащим от горизонта В1, в 2500-летней почве разреза 15—92 содержание фракции незначительно увеличивается от горизонта А2 к В1 и далее к В2. Коэффициенты дифференциации по данной фракции (табл. 6.30) не проявляют закономерных возрастных изменений.

Распределение мелкого песка (0,25—0,05мм) более однотипно: наибольшие значения связаны с верхними горизонтами А1 и А2, в В1 содержание фракции падает, еще глубже в большин-

стве случаев вновь повышается, реже (разрез 27—92 — 2500-летняя почва и 18—92 — 500-летняя почва) продолжает снижаться. Отличается от описанного выше лишь распределение в 6000-летней почве, где в горизонте В1 содержание мелкого песка повышено по сравнению с А2 и В2. Возрастных отличий по содержанию фракции и КД не обнаружено. В целом наблюдается обеднение песком горизонта В1 и повышение содержания в выше- и нижележащих горизонтах.

Таблица 6.30.

Коэффициенты дифференциации А2/В1 по гранулометрическому составу почв Барсовой горы

Размер фракции, мм	Почвы обваловок жилищ, лет				Почвы оборонительных валов
	6000	4000	3000	500	2500 лет
1 – 0,25	1,18	0,65	1,09	0,81	0,69 - 1,04
0,25 – 0,05	1,30	1,24	1,48	0,93	1,11 – 3,09
0,05 – 0,01	2,76	0,44	2,48	0,95	0,30 - 0,74
0,01 – 0,005	2,02	0,92	0,89	0,77	0,35 – 10,39
0,005 – 0,001	0,30	0,89	1,04	0,16	0,03 - 1,70
< 0,001 (ил)	0,44	0,83	1,04	0,16	0,29 - 0,98
Σ< 0,01	0,49	0,86	0,87	0,54	0,29 - 1,21

Общее содержание крупной пыли (0,05—0,01 мм) понижено по сравнению с песчаными фракциями и изменяется от 2,87 до 18,65%, единичный случай — 0,08%. В противоположность мелкому песку максимальное содержание приурочено к горизонтам В1, за исключением разрезов 18—92 (500-летняя почва) и 30—92 (4000-летняя почва), т.е. происходит перемещение фракции из элювиальных горизонтов и накопление в В1 и В2. Степень дифференциации профиля близка в 3000-летней и трех разрезах 2500-летних почв (КД составляют 0,30—0,54) и меньше — в другой 2500-летней почве (разрез 20—92) и в самой старой 6000-летней почве — (КД=0,74 и 0,95 соответственно). Изменений в зависимости от возраста изучаемых почв не выявлено.

Содержание фракции средней пыли (0,01—0,005 мм) существенно снижено по сравнению с предыдущими фракциями и составляет от 0,84 до 10,98%. Ее распределение разнообразно. В 6000- 4000- и 3000-летних почвах обваловок жилищ значения нарастают сверху вниз, в 2500-летней почве (разрез 27—92) при общем повышении содержания вглубь отмечен минимум в горизонте В1. Разрез 26—92 (2500-летняя почва) характеризуется пониженными значениями в А2 и В2 и более высокими — в А1 и В1. В 2500-летних почвах разрезов 15—92 и 20—92 и в 500-летней почве горизонты В1 характеризуются минимальным количеством фракции. КД свидетельствуют о том, что характер и степень дифференциации 2500-летних почв валов не обнаруживают сходства в данной возрастной группе. В хроноряду обваловок находим усиление степени внутрипрофильной дифференциации с увеличением возраста почв: 2,02 — 0,92 — 0,89 — 0,77 в ряду 500 — 3000 — 4000 — 6000 лет.

Отмечены низкие значения для содержания мелкой пыли — от 0,01 до 8,85%, в большинстве горизонтов значения находятся в более узких пределах — от 0,34 до 4,09%. Профильное распределение неоднотипно, но в основном содержание в иллювиальном горизонте В1 выше по сравнению с элювиальным А2 при общем увеличении содержания сверху вниз, подобно 6000-, 3000-летним почвам, или с максимумом в В1 — 2500-летние (разрезы 15—92, 26—92, 20—92) и 500-летняя почва. В 4000-летней почве значения увеличиваются от нижних горизонтов к верхним, а в разрезе 27—92 (2500 лет) на горизонты В1 приходится наименьшее содержание. Подобные различия не позволяют выявить в почвах возрастные изменения по перемещению мелкой пыли. КД (табл. 6.30) также не отражают зависимости от времени формирования почв.

Как и в предыдущей группе памятников, наиболее значимыми для установления изменений, связанных с продолжительностью почвообразования, являются содержание и распределние фракции ила (менее 0,001 мм). Общее ее содержание в изучаемых почвах невысокое (0,07—6,68%). При этом наблюдается отчетливая дифференциация профиля с обеднением илистой фракцией элювиаль-

ных горизонтов и накоплением ее — в иллювиальных. В более молодых 500-летней и 2500-летних почвах накопление приурочено к горизонтам В1, а в 3000-, 4000-, 6000-летних почвах и одном разрезе (26—92) 2500-летней почвы максимальные значения отмечены в горизонтах В2 и В3, т.е., накопление происходит во всей толще иллювиальных горизонтов, включая В1, В2, В3.

Коэффициенты дифференциации 2500-летних почв варьируют от 0,29 до 0,98 (табл. 6.30), а в хроноряду обваловок с увеличением времени почвообразования от 3000 до 6000 лет уменьшаются (0,83 — 0,38 — 0,24). В фоновых почвах КД составляет 0,15. Уменьшение коэффициентов свидетельствует о том, что в почвах еще не стабилизировались процессы миграции, хотя значения КД уже близки к таковым в фоновых почвах. Значения КД в 2500-летних почвах оборонительных валов превышают коэффициент в 6000-летней почве. В целом можно говорить о достаточно длительном времени формирования зрелого равновесного профиля по распределению илистой фракции (более 6000 лет).

Таким образом, результаты гранулометрического состава подтвердили тот факт, что на рассматриваемых памятниках почвообразование протекает в сосняках на легких породах — песках и супесях, в еловых лесах — на легких суглинках. По сумме частиц менее 0,01 мм подзолистые горизонты являются более легкими по сравнению с нижележащими. В распределении песчаных и пылеватых фракций не обнаружено общих закономерностей.

Дифференциация изучаемых почв отчетливо проявляется по перемещению илистых частиц, наиболее выраженному в почвах сосняков. Усиление дифференциации профилей четко фиксируется по уменьшению КД с увеличением возраста почв. К 5000-летнему возрасту почвы Ендырских памятников по профильной дифференциации ила не достигают состояния зрелых фоновых почв.

Так же, как и для валового железа, для данной группы памятников мы попытались рассчитать время достижения почвами зрелого состояния. Если скорость процессов останется такой же, как на промежутке времени от 1500 до 2700 лет, то почвы достигнут состояния зрелой почвы к возрасту 6000 лет. Но, по-

видимому, скорость дифференциации заметно снижается, поскольку 6000-летняя почва Барсовой горы по КД еще не соответствует зрелому состоянию, хотя уже близка к фоновой почве. Дифференциация профиля по содержанию ила является одним из самых длительных процессов, и формировние зрелого профиля требует более 5000—6000 лет.

6.5. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Система гумусовых веществ является важнейшей характеристикой любого типа почв. В подзолообразовании гумусообразование играет особую роль. «Можно считать общепризнанным, что гумусовые вещества играют важную роль в подзолообразовании» (Тюрин, 1965, с. 238). Сущность подзолообразовательного процесса с точки зрения особенностей органического вещества подробно рассмотрена В.В. Пономаревой (1964).

Наряду с общими генетическими вопросами почвоведения вопросам генезиса почвенного органического вещества всегда уделялось большое внимание. В этом направлении изучено изменение особенностей гумусовых веществ в различных природных зонах и влияние гидротермических условий среды на процессы гумусообразования (Тюрин, 1965, 1951; Кононова, 1951, 1963; Волобуев, 1962, 1963; Орлов, 1990; Дергачева, 1984). Большое внимание уделяется непосредственно механизмам образования молекул гумусовых кислот, причем предложены разные схемы их формирования (Кононова, 1951; Александрова, 1980, 1984). Зависимость характера гумуса от факторов почвообразования отражена в многочисленных работах по исследованию органического вещества.

Тем не менее для формирования почв, соответствующих по всем показателям гумусного состояния зрелым почвам, требуется определенное время. Так, при изучении молодых почв техногенных экосистем выявляются отчетливые изменения, связанные не только с биоклиматическими условиями формирования, но и с возрастом почв (Фаткулин, 1991; Махонина, 1974). В литературе встречаются разные оценки времени, необходимого для формирования зрелых с данной точки зрения почв. Например, содержание

$C_{орг}$ в горизонте А1 подзолов устанавливается через 200—400 лет (Александровский, 1979). Характерное время формирования гумусового профиля (нет указаний на тип почв) составляет сотни, тысячи лет (Таргульян, Соколов, 1978). Расчетная скорость формирования гумусового профиля подзолистых почв А.Н. Геннадиевым (1990) оценивается в 0,10—0,20 мм/год. М.М. Кононова (1968) подсчитала, что для накопления запасов наиболее активной и характерной части гумуса «...требуется период в 1—2 сотни лет, при условии, если все количество образующихся гумусовых веществ сохраняется в почве. На самом деле этот период более продолжителен, так как новообразование гумусовых веществ сопровождается их разложением», но составляет сотни лет. Замечено, что по результатам радиоуглеродного датирования (по углероду гумуса) лесные почвы характеризуются преобладанием возраста в сотни лет (Герасимов, 1971, 1976, 1990). В.А. Ковда (1973) приводит более высокие цифры для песчаных подзолов: для горизонта А1 — 1940—2900 лет, горизонта В1 — 2200—2500 лет. Однако эти данные не отражают истинного возраста почв, так как аккумуляция гумуса в почвах протекает циклически. Даже самые термодинамически устойчивые фракции гумуса, хотя и медленно, но минерализуются. Продолжительность цикла в поверхностном горизонте почв в среднем составляет около 400 лет и не превышает 1000 лет (Ковда, 1973). В глубоких горизонтах цикл существенно замедляется. И.П. Герасимов (1971, 1976) предложил разделять углерод на биологически активный и биологически инертный. Первый участвует в современном биологическом круговороте, а второй выведен из круговорота благодаря двум сферам «защиты» от обмена с более молодым углеродом — погребение или химические особенности (конденсированность) гумусовых веществ и их прочная связь с минеральной частью почв.

Таким образом, изучая гумусовые вещества почв, мы должны помнить, что, хотя в составе гумуса всегда присутствуют наиболее биохимически и термодинамически устойчивые фракции, гумус почв постоянно обновляется. К определенному возрасту с момента формирования почв устанавливается состояние, соответ-

ствующее по основным параметрам состоянию зрелых почв с динамичной системой гумусовых веществ, находящихся в постоянном обмене с окружающей средой.

Несмотря на то, что проблеме формирования системы гумусовых веществ посвящено много работ, она еще далека от разрешения. Особый интерес представляет изучение системы гумусовых веществ в природных условиях на датированных почвах, реально отражающих закономерности их формирования, но подобные исследования для почв большого возраста нам не известны.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Почвы Ендырских памятников

Результаты качественного состава гумуса 400—5000-летних почв приведены в табл. 6.31—6.32, оценка по показателям гумусного состояния — в табл. 6.35—6.36.

Максимальным содержанием органических веществ в профиле характеризуются лесные подстилки (23,11—49,43% $C_{орг}$). В минеральных горизонтах содержание общего углерода очень низкое: 0,14—0,61% — в сосняках и несколько выше (0,30—1,59%) — в ельниках. В минеральной части выявляется два типа профильного распределения углерода органических веществ (гумуса): первый характеризуется убыванием содержания вглубь, а во втором случае происходит вымывание углерода из элювиальных горизонтов А2 и накопление в горизонтах В1 (бимодальное распределение). Первый тип обнаружен в почвах на современных насыпях возрастом 15 лет (см. табл. 6.5), в молодых 400-летних, 3000-летней и фоновой почвах сосново-еловых лесов, тогда как в чистых сосняках постепенно убывающее распределение наблюдается лишь в 1500-летней почве. В более старых почвах возрастом 2500, 2700, 5000 лет и в фоновой обнаружен второй тип распределения.

В почвах сосняков наблюдается незначительное увеличение общего углерода в горизонтах В1: 0,22 — 0,56 — 0,61% $C_{орг}$ — для почв оборонительных валов и 0,30 — 0,40 — 0,61 —

Таблица 6.31.

Состав гумуса разновозрастных почв оборонительных валов под сосняками(Ендырские памятники),% к общему органическому С

Горизонт, глубина, см	$C_{общ}$, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
Разрез 3-97. Фоновая почва												
A01 0-1	46,46	10,32	0	1,37	11,69	5,83	17,62	0	2,05	25,50	62,81	0,46
A02 1-5	40,59	11,32	1,43	1,72	14,47	2,11	15,39	0	1,59	19,09	66,41	0,76
A0A1 5-6	12,48	5,56	4,39	7,79	17,74	3,07	18,84	0	2,76	24,67	57,59	0,72
A2 6-12	0,24	16,07	1,61	0,54	18,22	20,52	23,70	12,00	0,16	56,38	25,40	0,32
B1 12-16	0,61	16,88	5,84	1,64	24,36	36,42	13,20	1,05	2,51	53,18	22,46	0,46
B2 16-47	0,33	13,68	0,32	5,51	19,51	38,88	1,11	0	1,75	41,74	38,75	0,47
Разрез 6-97. 2700-летняя почва												
A02 0-3	46,95	9,10	0	1,03	10,13	5,39	15,50	0	1,67	22,56	67,31	0,45
A02 3-9	45,10	9,81	1,81	1,47	13,09	2,73	19,71	0	1,33	23,77	63,14	0,55
A03 9-10	44,21	8,30	4,69	1,77	14,76	3,07	20,23	0	1,95	25,25	59,99	0,58
A2 10-12	0,51	14,86	4,22	4,66	23,74	16,29	18,41	7,61	2,46	44,77	31,49	0,53
B1 12-18	0,56	19,29	1,00	3,25	23,55	36,06	8,02	2,83	0,73	47,64	28,81	0,49
Разрез 5-97. 1500-летняя почва												
A01 0-1	47,55	10,39	0,71	1,74	12,84	6,54	12,46	2,82	1,13	22,95	64,21	0,56
A02 1-5	43,82	13,10	0	2,59	15,69	2,77	17,83	0	1,63	22,23	62,08	0,71
A03 5-7	41,44	9,79	0,76	1,27	11,82	3,28	15,63	0,23	0,71	19,85	68,33	0,60
A2 7-12	0,50	13,59	1,61	5,95	21,15	18,90	1,39	27,91	3,97	52,17	26,68	0,41
B1 12-17	0,32	19,01	5,53	3,78	28,32	45,00	0	18,22	1,10	64,17	7,36	0,44
B2 17-28	0,19	6,31	8,61	4,76	19,68	48,16	9,14	12,83	7,91	78,04	8,60	0,25
B3 28-44	0,27	26,30	9,69	8,98	44,97	35,99	0,11	5,28	9,73	51,11	3,92	0,88

Таблица 6.32.

Состав гумуса разновозрастных почв на обваловках жилищных впадин под сосняками (Ендырские памятники),% к общему органическому С

Горизонт, глубина, см	$C_{общ}$, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
Разрез 3-97. Фоновая почва												
A01 0-1	46,46	10,32	0	1,37	11,69	5,83	17,62	0	2,05	25,50	62,81	0,46
A02 1-5	40,59	11,32	1,43	1,72	14,47	2,11	15,39	0	1,59	19,09	66,41	0,76
A0A1 5-6	12,48	5,56	4,39	7,79	17,74	3,07	18,84	0	2,76	24,67	57,59	0,72
A2 6-12	0,24	16,07	1,61	0,54	18,22	20,52	23,70	12,00	0,16	56,38	25,40	0,32
B1 12-16	0,61	16,88	5,84	1,64	24,36	36,42	13,20	1,05	2,51	53,18	22,46	0,46
B2 16-47	0,33	13,68	0,32	5,51	19,51	38,88	1,11	0	1,75	41,74	38,75	0,47
Разрез 1-97. 5000-летняя почва												
A01 0-3	45,21	10,31	0,41	1,30	12,02	5,19	14,91	0	1,30	21,40	66,58	0,56
A02 3-5	23,11	9,98	4,67	4,43	19,08	3,58	19,79	0	3,14	26,51	54,41	0,72
A2 5-11	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1 11-15	0,40	18,20	1,44	5,08	24,72	30,31	14,68	17,02	4,47	66,48	8,80	0,37
Разрез 7-97. 500-летняя почва												
A01 0-2	46,25	10,44	2,79	1,90	15,13	4,85	14,07	0	0,84	19,76	65,11	0,77
A02 2-4	42,94	9,34	0,42	1,48	11,24	1,70	18,31	0	1,61	21,62	67,14	0,52
A03 4-5	41,20	8,81	1,88	1,26	11,95	2,85	21,62	0	1,39	25,89	62,19	0,46
A2 5-14	0,14	11,77	5,89	3,63	21,29	33,87	3,49	15,77	0	53,13	25,58	0,40
B1 14-15	0,30	21,76	7,99	1,67	31,42	49,58	0,87	7,20	2,66	60,31	8,27	0,52

Таблица 6.33.

Состав гумуса разновозрастных почв (Ендырские памятники, древостой с преобладанием ели),% к общему органическому С

Горизонт, глубина, см	$C_{общ}$, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$
		1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
Разрез 3-98. Фоновая почва												
A01 0-2	48,24	12,79					17,00					
A02 2-5	45,64	10,17					14,37					
A03 5-8	40,89	10,08					12,59					
A2 8-13	1,03	15,40	0	4,50	19,90	6,37	14,25	6,62	4,50	25,37	48,36	0,63
B1 13-23	0,71	7,59	0	2,53	10,12	25,75	10,80	10,46	3,25	24,51	39,62	0,20
B2 23-39	0,30	16,22	0	5,71	21,93	21,11	16,58	0	9,52	26,10	30,86	0,46
Разрез 4-98. 3000-летняя почва на обваловке жилищной впадины												
A01 0-2	48,33	12,66					14,79					
A02 2-5	35,89	9,42					12,37					
A2 5-12	0,67	24,14	0	6,84	30,98	9,47	23,79	3,60	5,13	32,52	27,03	0,74
B1 12-37	0,51	15,43	0	6,05	21,48	32,99	20,51	7,13	10,58	17,71	7,31	0,30
Разрез 4-97. 400-летняя почва, насыпь в пределах могильника												
A01 0-2	47,81	12,32	0,80	1,62	14,74	6,09	15,29	0	1,45	16,74	62,43	0,64
A02 2-5	41,80	16,06	0	3,02	19,08	2,97	17,96	0	1,30	19,26	58,69	0,86
A03 5-7	30,72	10,18	1,85	3;18	15,21	4,32	19,21	0	2,63	21,84	58,63	0,58
A1A2 7-8	1,59	23,98	4,89	2,89	31,76	9,92	12,23	0,54	1,57	14,34	44,58	1,31
B1 8-18	0,52	30,20	2,93	4,97	38,10	36,80	0,65	13,21	1,22	15,08	10,03	0,73
Разрез 2-98. 400-летняя почва, выкид из могильной ямы												
A01 0-2	49,43	10,66					14,75					
A02 2-5	45,06	10,41					12,34					
A03 5-8	42,29	7,99					12,18					
A1A2 8-13	1,31	20,34	5,16	8,99	34,49	7,25	26,02	2,24	4,30	32,56	25,70	0,87
B1 13-25	0,57	14,57	0	3,69	18,26	21,51	13,54	9,32	3,02	25,88	34,35	0,385

для почв обваловок жилищ в соответствующих возрастных рядах: 1500 — 2700 — фон и 2500 — 5000 — фон. Однако под смешанным хвойным лесом с преобладанием ели (обычно называемый нами ельником) постепенно убывающее распределение наблюдается как в 400- и 3000-летних, так и в фоновой почвах. Следовательно, на профильное распределение гумусовых веществ подзолистых почв могут оказать влияние доминанты древесного яруса и, возможно, различия в механическом составе пород (напомним, ельники произрастают на легких суглинках, в то время как сосняки — на супесчаных породах).

Известно, что подобные типы распределения встречаются в ненарушенных подзолистых почвах. Мы полагаем, что при прочих равных условиях различия в типе распределения гумусовых веществ могут быть объяснены разным возрастом почв. Так, В.В.Пономарева (1951) писала, что современные горизонты А2 гумусово-иллювиальных подзолов должны были пройти стадию горизонтов B_h. Первоначально горизонт B_h, формирующийся непосредственно под подстилкой, можно рассматривать по отношению к фульвокислотам (ФК) как иллювиальный. В нем происходят сначала поглощение и застой ФК, что способствует их разрушительной работе по отношению к почвенным минералам. В тот момент, когда притекающие новые растворы свободных ФК уже не находят достаточного количества алюминия и железа для своего закрепления в данном слое почвы, происходит медленное нисходящее передвижение органоминеральных золей и появление горизонта А2. К сожалению, сделанные выводы не увязаны с конкретным возрастом почв.

По нашим данным (Коркина, Махонина, 2001), в почвах, формирующихся в равных условиях в сосняках, при достижении возраста более 1500 лет происходит смена аккумулятивного распределения гумусовых веществ на элювиально-иллювиальный.

Почвы Барсовой горы

Особенности распределения углерода органических соединений в почвах Барсовой горы аналогичны выше рассмотренным

(табл. 6.34). Наибольшее количество органического вещества сосредоточено в лесных подстилках: 23,07–43,90% $C_{орг}$ — в фоновых почвах и 33,25–48,00% — в разновозрастных почвах валов и обваловок жилищ. В минеральном профиле содержание резко снижено: в фоновых почвах — от 0,01 до 0,97%, в почвах оборонительных валов большая часть значений укладывается в пределы 0,03–1,25%, но при этом в некоторых профилях с более богатой растительностью, где выделены горизонты A1A2 и A1 содержание $C_{орг}$ повышено: 1,49–1,97% — в горизонте A1A2 в 2500-летних почв (разрезы 27–92 и 29–94) и 2,17–7,48% — в грубогумусных горизонтах A1 2200- и 2500-летних почв (разрезы 24–92 и 25–92). В данных случаях указанные значения являются самыми высокими в пределах минерального профиля. В 500- 6000-летних почвах обваловок содержание органического вещества колеблется в меньших пределах, чем в фоновых почвах: 0,05–0,75% $C_{орг}$.

В почвах Барсовой горы также находим два типа профильного распределения углерода органических веществ: постепенно убывающее с глубиной и S-образной формы — с пониженным содержанием в элювиальных горизонтах A2 и накоплением в иллювиальных горизонтах B1. Второй, элювиально-иллювиальный, тип распределения характерен для трех разрезов фоновых почв, а также для 4000-, 5000-, 6000-летних почв обваловок, для 2200-летней и трех профилей 2500-летних почв оборонительных валов (разрезы 29–94, 25–92, 26–92). Максимумы в содержании гумуса и подвижного железа в профилях с S-образным распределением органического вещества находятся в горизонтах B1, что позволяет предполагать их совместную миграцию. Такой тип распределения гумуса и железа позволяет отнести вновь сформированные почвы к Al-Fe-гумусовым подзолистым. В остальных профилях обнаружен первый тип распределения органического вещества.

Таким образом, убывающее распределение характерно найдено для всех молодых почв валов и обваловок возрастом от 500 до 2000 лет и 3000-летней почвы, в то время как в более старших (2200- 6000-летних) и фоновых почвах происходит элювиирова-

Таблица 6.34

Состав гумуса разновозрастных почв Барсовой горы, % к общему органическому С

Горизонт, глубина, см		$C_{общ}$, %	Фракции гуминовых кислот				Фракции фульвокислот					Негидролизуемый остаток	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$
			1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма		
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разрез 13-94. Фоновая почва													
А0	0-4	23,08	30,72	-	3,37	34,09	29,81	2,15	1,84	2,83	36,63	29,26	0,93
А1А2	4-5	0,93	28,28	-	1,04	29,32	21,35	1,24	2,17	10,14	34,90	35,78	0,84
Разрез 22-94. Фоновая почва													
А0	0-1	38,03	32,36	-	1,58	33,94	32,33	1,02	3,15	1,63	38,13	27,93	0,89
А0	1-2	14,09	24,13	-	0,70	24,83	28,46	1,08	-	-	29,54	45,63	0,84
Разрез 28-92. 6000-летняя почва на обваловке жилищной впадины													
А2	2-6	0,11	15,82	12,14	-	27,95	25,36	-	29,64	-	55,00	17,05	0,51
В1	6-12	0,33	10,59	-	-	10,59	13,65	70,59	-	-	84,24	5,17	0,13
В2	12-33	0,13	20,15	22,31	-	42,46	10,96	10,77	26,77	-	48,50	29,12	0,88
Разрез 30-92. 4000-летняя почва на обваловке жилищной впадины													
А2	1-6	0,15	28,67	-	-	28,67	43,67	20,80	-	-	64,47	6,87	0,44
В1	6-10	0,75	13,97	-	-	13,97	8,28	8,28	-	-	16,56	69,47	0,84
В2	10-20	0,24	12,75	-	-	12,75	31,59	31,59	-	-	63,18	24,08	0,208
Разрез 29-92. 3000-летняя почва на обваловке жилищной впадины													
А2	2-6	0,34	15,41	-	-	15,41	8,21	21,35	-	-	29,56	55,03	0,52
В1	6-8	0,33	7,94	-	-	7,94	10,52	54,27	-	-	64,79	27,27	0,12
В2	8-15	0,22	-	6,23	-	6,23	26,69	-	46,65	5,73	79,07	42,45	0,08
В3	15-35	0,10	-	-	-	-	62,10	-	-	-	62,10	37,90	0

Окончание табл. 6.34.

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Разрез 26-92. 2500-летняя почва оборонительного вала													
A1	3-8	0,93	18,80	-	13,15	31,95	6,86	6,86	-	10,81	24,53	43,52	1,30
A2	8-15	0,18	9,71	-	-	9,71	38,32	49,87	-	-	88,19	2,10	0,11
B1	15-23	0,32	19,44	-	-	19,44	26,90	52,86	-	-	79,76	0,80	0,24
B2	23-43	0,25	6,96	-	-	6,96	26,20	39,48	-	-	65,68	27,36	0,11
Разрез 25-92. 2500-летняя почва оборонительного вала													
A1	3-4	7,41	1,19	-	2,70	3,88	1,35	48,45	-	2,92	52,72	43,40	0,07
A2	4-10	0,19	9,20	-	-	9,20	54,32	28,46	-	-	82,78	8,02	0,11
B1	10-15	0,24	7,28	-	-	7,28	15,91	59,72	-	-	75,63	17,09	0,10
B2	15-30	0,30	5,80	-	-	5,80	44,65	2,00	-	-	46,65	47,55	0.12
Разрез 17-92. 1500-летняя почва оборонительного вала													
A2	1-4	0,26	40,24	-	-	40,25	26,63	30,46	-	-	57,09	2,66	0,71
B1	4-11	0,19	45,86	-	-	45,86	54,14	-	-	-	54,14	-	0,85
B2	11-33	0,15	28,00	-	-	28,00	65,46	-	-	-	65,46	6,54	0,43
Разрез 13-92. 1400-летняя почва оборонительного вала													
A2	1-6	0,28	38,14	-	-	38,14	17,30	39,43	-	-	56,73	5,13	0,67
B1	6-10	0,28	29,96	-	-	29,96	25,85	9,96	-	-	35,81	34,23	0,84
B2	10-33	0,40	10,49	7,95	-	18,44	23,39	8,01	30,12	5,89	62,91	0,43	0,58
Разрез 18-92. 500-летняя почва на обваловке жилищной впадины													
A2	2-5	0,29	14,48	-	-	14,48	11,99	18,62	-	-	30,61	54,91	0,47
B1	5-11	0,16	32,75	-	-	32,75	30,28	34,24	-	-	64,52	2,73	0,51
B2	11-31	0,06	-	-	-	-	40,83	14,93	-	-	55,76	44,24	0
Разрез 23-94. 500-летняя почва оборонительного вала													
A0	0-1	4,15	27,09	0,07	2,01	29,17	29,25	-	-	0,82	30,07	40,76	0,97
A1A2	1-6	0,25	17,89	-	0,09	17,98	32,44	-	-	0,60	33,04	48,98	0,54

ние гумуса из горизонтов А2. Данное явление подтверждает полученную при исследовании 400- 5000-летних почв Ендырских памятников закономерность о смене типа профильного распределения углерода органических соединений с первого типа на второй с увеличением времени формирования почвенного профиля. Следует отметить, что подобные закономерности для подзолистых почв найдены при исследовании разновозрастных почв других археологических памятников. Так, аналогичное изменение профильного распределения гумуса обнаружено у почв старше 2500 лет на археологическом памятнике Амня (северная тайга Западной Сибири).

ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

Почвы Ендырских памятников

Запасы органического углерода в минеральном профиле рассматриваемых почв очень низкие (в табл. 6.35—6.36 данные приведены в пересчете на запасы гумуса, здесь — запасы $C_{орг.}$). В верхнем 20-см минеральном слое почв валов запасы углерода органических соединений увеличиваются с 7,38 т/га в 1500-летней почве, достигая фоновых значений (11,0 т/га) в 2700-летней почве (11,42 т/га). В почвах обваловок также наблюдается увеличение запасов с возрастом (от 3,65 до 7,42 т/га в 2500-летних и 5000-летних почвах), но фонового значения не достигается. В почвах ельников существенна разница между двумя 400-летними почвами — 12,38 т/га (разрез 2—98) и 7,56 т/га (разрез 4—97). В 3000-летней почве запасы органического углерода составляют 11,80 т/га, а в фоновой достигают максимального значения (17,56 т/га). Из всех исследованных только фоновая почва ельника по запасам гумуса (табл. 6.36) превышает среднее значение запасов в подзолистых почвах среднетаежной зоны РФ — 22 т/га с колебаниями по отношению к среднему значению ± 2—43% (Орлов, Бирюкова, 1995). Близки к данному значению запасы в 3000-летней и 400-летней (разрез 2—98) почвах ельников, в фоновой и 2700-летней почвах сосняков. В единственном из

Таблица 6.35.

Показатели гумусного состояния разновозрастных почв археологических памятников под сосняками (по Орлову, Гришиной, 1981)

Показатель	Фоновая почва		Почвы обваловок				Почвы оборонительных валов			
			5000-летняя		2500-летняя		2700-летняя		1500-летняя	
	Уровень и характер проявления	Вели чина	Уровень и характер проявления	Вели чина	Уровень и характер проявления	Вели чина	Уровень и характер проявления	Вели чина	Уровень и характер проявления	Вели чина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мощность подстилки, см	мощная	5	мощная	5	мощная	5	мощная	10	мощная	7
Отношение запасов органического в-ва в подстилке и в минеральном профиле	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1
Запас гумуса в слое 0-20 см, т/га	очень низкий	18,96	очень низкий	12,79	очень низкий	6,29	очень низкий	19,69	очень низкий	12,72
Профильное распределение гумуса в метровой толще	бимодальное	-	бимодальное	-	бимодальное	-	бимодальное	-	постепенно убывающее	-
Тип гумуса, $C_{ГК}:C_{ФК}$ *подстилки*	фульватный, гуматно-фульватный	0,46-0,76	гуматно-фульватный	0,56-0,72	фульватный, гуматно-фульватный	0,46-0,77	фульватный, гуматно-фульватный	0,45-0,58	гуматно-фульватный	0,56-0,71
горизонт А2	фульватный	0,32		-	фульватный	0,40	гуматно-фульватный	0,53	фульватный	0,41
горизонт В1	фульватный	0,46	фульватный	0,37	гуматно-фульватный	0,52	фульватный	0,49	фульватный	0,44

Продолжение табл. 6.35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Содержание «свободных» ГК, % к сумме ГК										
подстилки	высокое-очень высокое	78-88	среднее-очень высокое	52-86	высокое	69-74	среднее-очень высокое	56-89	очень высокое	81-83
горизонт А2	очень высокое	88		-	среднее	55	высокое	63	высокое	64
горизонт В1	высокое	69	высокое	74	высокое	69	очень высокое	82	высокое	67
Содержание ГК, связанных с Ca^{2+}, % к сумме ГК *подстилки*	очень низкое	0-10	очень низкое -низкое	3-24	очень низкое	4-18	очень низкое -низкое	0-32	очень низкое	0-6
горизонт А2	очень низкое	9		-	низкое	28	очень низкое	18	очень низкое	8
горизонт В1	низкое	24	очень низкое	6	низкое	25	очень низкое	4	очень низкое	20
Содержание прочно связанных ГК, % к сумме ГК *подстилки*	среднее	12	среднее	10-23	среднее	11-13	среднее	10-12	среднее	11-17
горизонт А2	низкое	3		-	среднее	17	среднее	20	высокое	28
горизонт В1	низкое	7	высокое	21	низкое	5	среднее	14	среднее	13
Оптическая плотность ГК, $E_{465нм,\ 1см}$ 0,001% ГК, 1-я фракция *подстилки*	очень низкая - низкая	0,017-0,036	очень низкая	0,02-0,027	очень низкая - низкая	0,017-0,032	очень низкая-низкая	0,018-0,031	очень низкая-низкая	0,016-0,046

Окончание табл. 6.35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
горизонт А2	низкая	0,056		-	очень низкая	0,024	средняя	0,089	низкая	0,056
горизонт В1	очень низкая	0,024	средняя	0,054	очень низкая	0,012	очень низкая	0,020	очень низкая	0,015
2-я фракция *подстилки*	очень низкая-средняя	0,02-0,069	очень низкая	0,02-0,028	очень низкая - низкая	0,02-0,032	очень низкая-низкая	0,02-0,040	очень низкая-низкая	0,02-0,043
горизонт А2	средняя	0,074		-	очень низкая	0,029	средняя	0,088	средняя	0,061
горизонт В1	очень низкая	0,025	средняя	0,061	очень низкая	0,010	очень низкая	0,016	очень низкая	0,012
3-я фракция *подстилки*	очень низкая - низкая	0,029 - 0,052	низкая	0,035 - 0,041	очень низкая - низкая	0,029 - 0,059	очень низкая - низкая	0,023 - 0,051	очень низкая - низкая	0,024 - 0,059
горизонт А2	очень низкая	0,018	·	-	очень низкая	0,024	очень низкая	0,020	очень низкая	0,015
горизонт В1	низкая	0,059	низкая	0,049	очень низкая	0,022	очень низкая	0,017	очень низкая	0,009

Таблица 6.36.

Показатели гумусного состояния разновозрастных почв археологических памятников (древостой с преобладанием ели) (по Орлову, Гришиной, 1981)

Показатель	Фоновая почва		3000-летняя почва		400-летняя почва			
					разрез 4-97		разрез 2-98	
	Уровень, характер проявления	Величина	Уровень, характер проявления	Величина	Уровень, характер проявления	Величина	Уровень, характер проявления	Величина
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность подстилки, см	мощная	8	мощная	5	мощная	7	мощная	8
Отношение запасов органического в-ва в подстилке и в минеральном профиле	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1	эктоморфное распределение	> 1
Запас гумуса в слое 0-20 см, т/га	очень низкий	30,27	очень низкий	20,34	очень низкий	13,03	очень низкий	21,34
Профильное распределение гумуса в метровой толще	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-
Тип гумуса, $C_{ГК}$:$C_{ФК}$ *горизонт А2*	гуматно-фульватный	0,63	гуматно-фульватный	0,74	фульватно-гуматный	1,31	гуматно-фульватный	0,87
горизонт В1	фульватный	0,20	фульватный	0,30	гуматно-фульватный	0,73	фульватный	0,39
Содержание «свободных» гуминовых кислот, % к сумме ГК *горизонт А2*	высокое	77	высокое	78	высокое	76	среднее	59

Окончание табл. 6.36

1	2	3	4	5	6	7	8	9
горизонт В1	высокос	75	высокое	72	высокое	79	высокос	80
Содержание гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+}, % к сумме ГК								
горизонт А2	-	0	-	0	очень низкое	15	очень низкое	9
горизонт В1	-	0	-	0	очень низкое	8	очнь низкос	13
Содержание прочно связанных гуминовых кислот, % к суммс ГК								
горизонт А2	высокос	23	высокое	22	низкое	9	высокос	26
горизонт В1	высокос	25	высокос	28	среднес	13	высокос	20
Оптическая плотность ГК, $E_{465нм,\ 1см}$ 0,001% ГК, 1-я фракция			низкая					
горизонт А2	средняя	0,073	низкая	0,059	низкая	0,037	средняя	0,084
горизонт В1	низкая	0,050	низкая	0,052	очень низкая	0,028	низкая	0,053
2-я фракция								
горизонт А2	средняя	0,080	средняя	0,065	низкая	0,045	средняя	0,096
горизонт В1	низкая	0,047	низкая	0,046	очень низкая	0,026	средняя	0,062
3-я фракция								
горизонт А2	низкая	0,033	низкая	0,039	низкая	0,033	низкая	0,042
горизонт В1	очень низкая	0,020	низкая	0,030	очень низкая	0,019	очень низкая	0,026

рассмотренных разрезов (2500-летняя почва) запасы гумуса не входят в пределы указанных колебаний. Таким образом, в почвах ельников и обваловок жилищ в сосняках наблюдается тенденция накопления органического вещества с возрастом, причем 3000-летняя почва в ельнике и 5000-летняя почва в сосняке еще не достигли количества запасов органического вещества фоновых почв, но запасы 2700-летней почвы оборонительного вала соответствуют фоновому значению. В основном по запасам гумуса в слое 0—20 см изученные почвы соответствуют зональным подзолистым почвам РФ.

Почвы Барсовой горы

Запасы гумуса в слое 0—20 см очень низкие (по показателям Орлова, Гришиной, 1981) (табл. 6.37—6.38): в фоновых почвах — 3,15—7,38 т/га, в почвах обваловок — от 4,97 до 13,55 т/га, в почвах оборонительных валов — 5,78—33,91 т/га. В фоновых почвах содержание ниже, чем в большинстве изучаемых, и не достигает нижнего предела колебаний для запасов гумуса в подзолистых почвах средней тайги РФ (Орлов, Бирюкова, 1995). Также меньше нижнего предела значения в 10 из 19 рассматриваемых почвенных профилей разновозрастных почв. В некоторых разрезах повышенное содержание объясняется особенностью напочвенного покрова: присутствие большего количества видов травянистых растений или с их большее обилие. В разрезах 26—92 и 25—92 запасы (2500-летние почвы) повышены (15,58 и 25—92 т/га соответственно) за счет высокого содержания $C_{орг}$ в горизонте А1 (1 см). В остальных случаях значения сопоставимы с фоновыми, закономерного изменения запасов гумуса в возрастных рядах не наблюдается.

СОСТАВ ГУМУСА

Почвы Ендырских памятников

В составе гумуса всех исследованных почв отмечается преобладание фульвокислот (фульватный и гуматно-фульватный тип

Таблица 6.37.

Показатели гумусного состояния разновозрастных почв Барсовой горы (по Орлову, Гришиной, 1981)

Показатель	Фоновая почва (разрез 13-94)		Почвы обваловок							
			6000-летняя		4000-летняя		3000-летняя		500-летняя	
	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мощность подстилки, см	средней мощности	4	маломощная	1	маломощная	-	маломощная	1	маломощная	1
Запас гумуса в слое 0-20 см, т/га	очень низкий	3,15	очень низкий	7,72	очень низкий	13,27	очень низкий	8,62	очень низкий	4,97
Профильное распределение гумуса в метровой толще	бимодальное	-	бимодальное	-	бимодальное	-	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-
Тип гумуса, $C_{ГК}:C_{ФК}$ *подстилки*	гуматно-фульватный	0,93		-		-		-		-
горизонт А2		-	гуматно-фульватный	0,51	фульватный	0,44	гуматно-фульватный	0,52	фульватный	0,47
горизонт В1		-	фульватный	0,13	гуматно-фульватный	0,84	фульватный	0,12	гуматно-фульватный	0,51
Содержание «свободных» ГК, % к сумме ГК *подстилки*	очень высокое	90,11		-		-		-		-

Окончание табл. 6.37

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
горизонт А2		-	среднее	56,58	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100
горизонт В1		-	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100
Содержание ГК, связанных с Ca^{2+}, % к сумме ГК										
подстилки	нет	0		-		-		-		-
горизонт А2		-	среднее	43,42	нет	0	нет	0	нет	0
горизонт В1		-	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0
Содержание прочно связанных ГК, % к сумме ГК										
подстилки	низкое	9,89								
горизонт А2		-	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0
горизонт В1		-	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0
Оптическая плотность ГК, $E_{465нм.\ 1см}$ 0,001% ГК, 1-я фракция										
горизонт А2			средняя	0,064	очень низкая	0,013	очень низкая	0,011	низкая	0,057
горизонт В1			низкая	0,049	очень низкая	0,020	низкая	0,045	средняя	0,071

Таблица 6.38.

Показатели гумусного состояния разновозрастных почв оборонительных валов Барсовой горы (по Орлову, Гришиной, 1981)

Показатель	2500-летняя почва разрез 26-92		2500-летняя почва разрез 25-92		1500-летняя почва		1400-летняя почва		500-летняя почва	
	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина	Уровень, характер проявления	Вели чина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мощность подстилки, см	средней мощности	3	средней мощности	3	маломощная	1	маломощная	1	маломощная	1
Запас гумуса в слое 0-20 см, т/га	очень низкий	15,58	очень низкий	22,46	очень низкий	6,52	очень низкий	5,78	очень низкий	6,93
Профильное распределение гумуса в метровой толще	бимодальное	-	бимодальное	-	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-	постепенно убывающее	-
Тип гумуса, Сгк:Сфк *подстилки*		-		-		-		-	гуматно-фульватный	0,97
горизонт А2	фульватный	0,11	фульватный	0,11	гуматно-фульватный	0,71	гуматно-фульватный	0,67	гуматно-фульватный	0,54
горизонт В1		-	фульватный	0,24	гуматно-фульватный	0,85	гуматно-фульватный	0,84		

Окончание табл. 6.38

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«Свободные» ГК, % к сумме ГК *подстилки*		-		-		-		-	очень высокое	92,87
горизонт А2	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	99,5
горизонт В1	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100	очень высокое	100		-
ГК, связанные с Ca^{2+}, % к сумме ГК *Подстилки*		-		-		-		-	очень низкое	0,24
горизонт А2		-	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0
горизонт В1		-	нет	0	нет	0	нет	0		-
Прочно связанные ГК, % к сумме ГК *подстилки*		-							низкое	6,89
горизонт А2	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0	низкоеет	0,5
горизонт В1	нет	0	нет	0	нет	0	нет	0		-
Оптическая плотность ГК, $E_{465нм.\ 1см}$ 0,001% ГК, 1-я фракция *горизонт А2*		0,221	средняя	0,081	очень низкая	0,027	очень низкая	0,024		-
горизонт В1		0,070	низкая	0,110	очень низкая	0,032	низкая	0,022		-

гумуса), причем относительное и абсолютное содержание последних в большинстве случаев увеличивается с глубиной. Данные признаки являются характерными в целом для типа подзолистых почв. В одной из 400-летних почв (разрез 4—97) в горизонте А1А2 мощностью 1 см, т.е., на самых начальных стадиях формирования подзолистого горизонта, отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ больше 1. У другой 400-летней почвы (разрез 2—98) с большей мощностью подзолистого горизонта (5 см) соотношение между ГК и ФК меньше 1 и равно 0,87. Поэтому в ряду почв ельников 400 лет — 3000 лет — фоновая почва это соотношение в горизонте А2 уменьшается (0,87—0,74—0,63), что, в целом, свидетельствует о продолжающемся процессе формирования системы гумусовых кислот. В горизонте В1 в данном ряду отношение уменьшается: 0,73 — 0,30 — 0,20, что также свидетельствует, как и в горизонте А2 о незавершенности этого процесса.

Аналогичная зависимость в почвах под сосняками четко не проявляется. Так, в почвенных разрезах, заложенных на оборонительных валах, с возрастом (1500—2700 лет) соотношение не уменьшается, а несколько увеличивается от 0,41 до 0,53, хотя обе величины больше, чем у фоновой почвы (0,32). К сожалению, мы не располагаем возрастным рядом по горизонте А2 почв обваловок жилищ, но в 2500-летней почве соотношение 0,40 также не достигло фонового значения. Возможно, несоответствие в возрастном ряду сосняков с выше описанным рядом в сосново-еловых лесах носит случайный характер из-за малого количества почвенных разрезов или же подобные зависимости от возраста имеют более сложный характер, что требует дальнейших исследований. Не обнаружены закономерности и в горизонте В1. В почвах оборонительных валов отношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ уменьшается с 0,52 в 2500-летней почве до 0,37 в 5000-летней, но в фоновой почве вновь увеличивается до 0,47. В почвах оборонительных валов данное соотношение колеблется в ряду 1500 — 2700 — фон: 0,44 — 0,49 — 0,47. Для подтверждения зависимости в соотношении ГК и ФК от времени почвообразования необходимы дополнительные данные.

В составе гуминовых кислот резко преобладает фракция ГК-1, включающая свободные и предположительно связанные с подвижными формами полуторных окислов гуминовые кислоты. Эта фракция является «типовой молекулой» в подзолистых почвах (Дергачева, 1984, 1988). Ее доля в подстилках исследуемых почв составляет 52,31–89,83% от суммы ГК, что оценивается как средний, высокий и очень высокий уровень содержания (табл. 6.39; 6.35; 6.36). В минеральных горизонтах содержание ГК-1 по отношению к сумме гуминовых кислот также очень высокое или высокое (62,59–81,91% в разновозрастных почвах сосняков, 69,29–88,20% — в фоновой почве), реже в некоторых горизонтах — среднее (55,28–58,48%). В почвах ельников значения изменяются в меньших пределах: от 71,83 до 79,79% — в почвах памятников и от 73,96 до 77,39% — в фоновой почве. Данные оцениваются как высокий уровень содержания ГК данной фракции, за исключением горизонта А1А2 разрез 4–97 со средним уровнем 58,97%. В профильном распределении существуют следующие особенности: во всех почвах сосняков количество ГК-1 повышено в иллювиальном горизонте по сравнению с подзолистым, т.е. ГК-1, мигрируя вниз, принимают участие в формировании гумусово-иллювиального горизонта. В почвах ельников наблюдается накопление ГК-1 в верхнем горизонте А2. Накопление не выражено в разрезе 4–97, но по абсолютному содержанию (относительно навески почвы) проявляется и в данном разрезе. Т.е. в почвах ельников в отличие от сосняков гуминовые кислоты накапливаются непосредственно под подстилкой.

Меньше всего обнаружено фракции ГК-2, что связано с незначительным содержанием кальция в этих почвах, иногда она вообще отсутствует. По отношению к общему углероду содержание ГК-2 во всех исследуемых почвах незначительное — от 0,0 до 9,69% в минеральных горизонтах. По отношению к сумме ГК в подстилках доля ГК-2 находится в пределах 0,0–31,78%, при этом чаще всего не превышает 20%, в минеральных горизонтах — от 0,0 до 27,67%, что является очень низким и низким уровнем. Выделяется по сравнению с остальными описанными

Таблица 6.39.

Содержание различных фракций гуминовых кислот (Ендырские памятники), % к сумме ГК

Сосняки				
Горизонт, глубина, см		Фракции ГК		
		1-я	2-я	3-я
Разрез 3-97		Фоновая почва		
A01	0-1	88,28	0,0	11,72
A02	1-5	78,23	9,88	11,87
A0A1	5-6	31,34	24,75	43,91
A2	6-12	88,20	8,84	2,96
B1	12-16	69,29	23,97	6,73
B2	16-47	70,12	1,64	28,24
Разрез 6-97		2700-летняя почва		
A01	0-3	89,83	0,0	10,17
A02	3-9	74,94	13,83	11,23
A03	9-10	56,23	31,78	11,99
A2	10-12	62,59	17,78	19,63
B1	12-18	81,91	4,25	13,84
Разрез 5-97		1500-летняя почва		
A01	0-1	80,92	5,53	13,55
A02	1-5	83,49	0,0	16,51
A03	5-7	82,83	6,43	10,74
A2	7-12	64,25	7,61	28,14
B1	12-17	67,13	19,53	13,35
B2	17-28	32,06	43,75	24,19
B3	28-44	58,48	21,55	19,97
Разрез 1-97		5000-летняя почва		
A01	0-3	85,77	3,41	10,82
A02	3-5	52,31	24,48	23,22
A2	5-11	-	-	-
B1	11-15	73,62	5,83	20,55
Разрез 7-97		2500-летняя почва		
A01	0-2	69,00	18,44	12,56
A02	2-4	83,10	3,74	13,17
A03	4-5	73,72	15,73	10,54
A2	5-14	55,28	27,67	17,05
B1	14-15	69,26	25,43	5,31

Ельники				
Горизонт, глубина, см		Фракции ГК		
		1-я	2-я	3-я
Разрез 3-98		Фоновая почва		
A01	0-2			
A02	2-5			
A03	5-8			
A2	8-13	77,39	0,0	22,61
B1	13-23	75,00	0,0	25,00
B2	23-39	73,96	0,0	26,04
Разрез 4-97		400-летняя почва		
A01	0-2	83,58	5,43	10,99
A02	2-5	84,17	0,0	15,83
A03	5-7	66,93	12,16	20,91
A1A2	7-8	75,50	15,40	9,10
B1	8-18	79,27	7,69	13,04
Разрез 2-98		400-летняя почва		
A01	0-2			
A02	2-5			
A03	5-8			
A1A2	8-13	58,97	14,96	26,07
B1	13-25	79,79	0,0	20,21
Разрез 4-98		3000-летняя почва		
A01	0-2			
A02	2-5			
A2	5-12	77,92	0,0	22,08
B1	12-37	71,83	0,0	28,17

один из горизонтов 1500-летней почвы — горизонт B2, в котором доля ГК-2 (43,75%) превышает долю ГК-1 (32,06%).

В почвах сосняков мало содержание третьей фракции гуминовых кислот, прочно связанных с глинистыми минералами и устой-

чивыми формами полуторных оксидов, — от 10,54 до 23,22% от суммы ГК в подстилках и от 2,96 до 28,24% в минеральных горизонтах, что соответствует низкому, среднему, реже высокому уровню(>20%). В почвах ельников содержание ГК-3, как правило, высокое — 20,21—28,17%, за исключением разреза 4—97 с низким и средним содержанием 9,10—13,04%.

Среди фульвокислот также существенно преобладают подвижные несвязанные кислоты первой фракции, причем в наибольшей степени «агрессивные» фульвокислоты сернокислой вытяжки (ФК-1а). Четкой закономерности в изменении соотношения разных фракций ГК и ФК во времени не обнаружено, возможно, из-за недостатка данных.

Таким образом, за исследуемый отрезок времени 400—5000 лет на изученных археологических памятниках сформировались почвы подзолистого типа с типичной для них системой гумусовых веществ: соотношение сумм ГК и ФК аналогично таковому в фоновых подзолистых почвах (меньше 1); в составе гумуса преобладают ГК и ФК первой фракции. На основе полученных данных мы предполагаем, что существует зависимость в соотношении ГК и ФК от времени почвообразования, хотя для уверенного утверждения этой закономерности имеющихся данных еще недостаточно.

Почвы Барсовой горы

В составе гумуса почв Барсовой горы также доминируют фульвокислоты, тип гумуса — фульватный или гуматно-фульватный. Лишь в горизонте А1 2500-летней почвы оборонительного вала (разрез 26—92), отличающаяся более богатой травянистой растительностью, соотношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ составляет 1,30 (фульватно-гуматный тип гумуса), в остальных случаях оно находится в пределах 0,08—0,88 в минеральных горизонтах, в подстилках — 0,72—0,97. В большинстве $C_{ГК}:C_{ФК}$ профилей уменьшается от верхних горизонтов к нижним (постепенно или с некоторыми колебаниями), за исключением 500- и 6000-летних почв. Это

снижение связано с повышением содержания фульвокислот с глубиной и уменьшением — гуминовых кислот.

В изменении соотношения гуминовых и фульвокислот с возрастом выявлена следующая картина. В почвах оборонительных валов в горизонтах А2 или А1А2 наибольшие значения характерны для 1300-, 1500-летних почв (0,67—0,71), а к возрасту 2500 лет соотношение уменьшается до 0,11 (два разреза 25—92 и 26—92). В молодой 500-летней почве $C_{ГК}:C_{ФК}$ имеет промежуточное значение (0,54), которое близко к значениям в подзолистых горизонтах почв обваловок от 500 до 6000 лет (0,44—0,52). В пределах ряда 500—6000 лет почв обваловок соотношение колеблется вне зависимости от возраста почв.

В иллювиальных горизонтах В1 и В2 почв оборонительных валов соотношение гуминовых и фульвокислот уменьшается от 1300- 1500-летних почв к 2500-летним: в горизонтах В1 — от 0,84—0,85 до 0,10—0,24, в горизонтах В2 — от 0,27—0,43 до 0,11—0,12. В горизонтах В1 почв обваловок значения близки в 6000- и 3000-летних почвах, завышены в 4000-летней почве (0,84) и имеют промежуточное значение в 500-летней почве (0,51), т.е. для горизонта В1 зависимости от возраста не найдено. В горизонтах В2 почв обваловок в отличие от почв валов соотношение $C_{ГК}:C_{ФК}$ увеличивается в ряду 3000 — 4000 — 6000 лет: 0,08 — 0,20 — 0,88. Таким образом, в почвах оборонительных валов с увеличением возраста намечается тенденция к уменьшению соотношения Сгк:Сфк в подзолистых горизонтах и его увеличению в иллювиальных горизонтах В1 и В2, однако эти данные не подтверждаются в хронорядах обваловок. Объединив два хроноряда и сравнив рассматриваемые соотношения в почвах близких возрастов, ты также не выявили закономерных изменений $C_{ГК}:C_{ФК}$ с возрастом почв.

В составе гуминовых кислот в большинстве разрезов почв Барсовой горы доминируют ГК 1-й фракции (табл. 6.40). Их доля составляет от 92,87 до 100% от суммы ГК, что расценивается как очень высокое содержание. Но при этом выделяются некоторые горизонты со средним и низким содержанием «сво-

бодных» ГК: 30,59–56,89%. На изменение доли ГК-1 могло повлиять в целом низкое содержание гуминовых кислот (разрез 25–92, горизонт А1, разрез 14–92, горизонт В3). Содержание ГК-1, как правило, повышено в подзолистых горизонтах по сравнению с В1. Полученные результаты не согласуются с данными по Ендырским памятникам, где обнаружено повышенное содержание ГК-1 в иллювиальных горизонтах. В почвах Барсовой горы подобное явление наблюдается в 500-летней (разрез 18–92) и 2500-летней (разрез 26–92) почвах. В 6000-летней почве происходит накопление ГК-1 в гор. В2.

Таблица 6.40

Содержание различных фракций гуминовых кислот в почвах Барсовой горы, % к сумме ГК

Горизонт, глубина, см	Фракции ГК		
	1-я	2-я	3-я
Разрез 13-94	Фоновая почва		
А0 0-4	90,11	0	9,89
А1А2 4-5	96,45	0	3,55
Разрез 22-94	Фоновая почва		
А0 0-2	97,18	0	2,82
А0орг 0-2	95,34	0	4,66
Разрез 28-92	6000-летняя почва		
А2 1-5	56,58	43,42	0
В1 5-11	100	0	0
В2 11-32	47,46	52,54	0
Разрез 30-92	4000-летняя почва		
А2 1-6	100	0	0
В1 6-10	100	0	0
В2 10-20	100	0	0
Разрез 29-92	3000-летняя почва		
А2 2-6	100	0	0
В1 6-8	100	0	0
В2 8-15	0	100	0
В3 15-35	0	0	0
Разрез 26-92	2500-летняя почва		
А1 3-8	58,84	0	41,16
А2 8-15	100	0	0
В1 15-23	100	0	0
В2 23-43	100	0	0

Горизонт, глубина,см	Фракции ГК		
	1-я	2-я	3-я
Разрез 25-92	2500-летняя почва		
А1 3-4	30-59	0	69,41
А2 4-10	100	0	0
В1 10-15	100	0	0
В2 15-30	100	0	0
Разрез 17-92	1500-летняя почва		
А2 1-4	100	0	0
В1 4-11	100	0	0
В2 11-33	100	0	0
Разрез 13-92	1300-летняя почва		
А2 1-6	100	0	0
В1 6-10	100	0	0
В2 10-33	56,89	43,11	0
Разрез 18-92	500-летняя почва		
А2 1-4	100	0	0
В1 4-10	100	0	0
В2 10-30	0	0	0
Разрез 23-94	500-летняя почва		
А0 0-1	92,87	0,24	6,89
А1А2 1-6	99,5	0	0,5

В данных разрезах ГК-1 принимают участие в формировании гумусово-иллювиальных горизонтов. В других профилях гумусово-иллювиальный горизонт характеризуется повышенным содержанием или фульвокислот (6000-летняя почва), или негидролизуемого остатка (4000-летняя почва, разрез 25—92 2500-летней почвы).

В составе фульвокислот также преобладают кислоты фракций 1а и 1. Гуминовые и фульвокислоты второй и третьей фракций часто отсутствуют или же их содержание очень низкое, в отдельных горизонтах среднее или высокое в силу указанных причин — незначительные в целом концентрации гумусовых веществ и, особенно, гуминовых кислот. По соотношению различных фракций в составе ГК и ФК не обнаружены различия в почвах разных возрастов.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

При изучении качественного состава гумуса рассматривались оптические свойства гуминовых кислот: были определены оптические плотности ГК при разных длинах волн в области видимого света, при этом оценивали их величины, характер кривых электронных спектров поглощения, коэффициенты E_4:E_6 ($E_{465нм}$:$E_{665нм}$). Результаты приведены в табл. 6.41—6.43 и на рис. 6.7—6.15.

Как известно, оптические плотности ГК в разных типах почв различны, хотя и имеют общий вид кривых электронных спектров поглощения: постепенно уменьшающиеся значения с увеличением длины волны от синей к красной части спектра (Кононова, 1951; Орлов, 1990). Установлено, что ГК, выделенные из подзолистых почв, обнаруживают наименьшую способность к ослаблению света при рассмотрении разных типов почв — от подзолистых до черноземов. Преломление света молекулами ГК зависит от их структуры: более сложные молекулы имеют большую оптическую плотность.

Представляло интерес выявить возможные различия в величинах оптических плотностей ГК разных фракций у разновозрастных почв и сравнить их с фоновыми.

Проведенный анализ показал, что в подстилках сосняков, где происходят начальные стадии формирования системы гумусовых веществ, оптические плотности ГК всех трех фракций существенно не отличаются от таковых в фоновых почвах. Наблюдается практически полное совпадение кривых электронных спектров для всех фракций подгоризонта А01 и незначительные отличия — в подгоризонтах А02 и А03 (рис. 6.7–6.11). Для фракции ГК-1 значения оптических плотностей составляют в подгоризонтах А01 3,21–3,32 (фон — 3,43); А02 — 4,14–5,64 (фон — 5,37); А03 — 4,25–6,21 (в фоновой почве подгоризонт А03 не выделен, в переходном грубогумусном горизонте А0А1 значение повышенное — 11,94). Для ГК второй фракции указанная величина имеет значения А01 — 3,35–3,55 (фон 3,57); А02 — 4,24–5,22 (фон 6,04); А03 — 4,29–5,62; для гуминовых кислот третьей фракции: А01 — 3,35–3,59 (фон 5,17); А02 — 4,92–7,12 (фон 7,18); А03 — 4,55–8,20. Близость значений оптических плотностей свидетельствует о сходстве условий и процессов трансформации и гумификации органических веществ в подстилках изучаемых почв и фоновой. Если же рассматривать оптические плотности по подгоризонтам подстилок, то при сходстве их распределения при разных длинах волн можно выявить увеличение оптических плотностей от верхних подгоризонтов А01, представляющих опад предыдущего года, к нижележащим А02, А03 (табл. 6.41). Такой характер изменения оптических плотностей свидетельствует об усложнении молекул ГК в процессе гумификации растительного опада.

В почвах сосняков и ельников в минеральной части профиля можно отметить их большие величины оптических плотностей в горизонтах А2 по сравнению с В1. Подобная закономерность описывается и в литературе (Кононова, 1951, 1963; До Динь Шам, 1977).

На оборонительных валах под сосняками оптические плотности фракций ГК-1 (7,43–11,41), ГК-2 (8,00–7,94), ГК-3 (1,99–2,52) в элювиальных горизонтах разновозрастных почв (соответ-

Таблица 6.41.

Оптические свойства гуминовых кислот разновозрастных почв сосняков (Ендырские памятники)

Горизонт, глубина, см	Оптические плотности $E_{C\ гк}^{1мг/мл}$, 430 нм			$E_{465нм}:E_{665нм}$		
	Фракции ГК					
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Разрез 3-97	Фоновая почва					
A01 0-1	3,43	3,57	5,17	15,72	8,50	9,44
A02 1-5	5,37	6,04	7,18	7,89	6,00	8,76
A0A1 5-6	11,94	9,01	3,98	4,62	4,25	6,39
A2 6-12	7,35	9,45	1,88	4,42	3,97	3,32
B1 12-16	3,54	3,27	5,98	8,46	3,04	5,14
B2 16-47	5,98	3,33	1,52	4,60	4,47	4,54
Разрез 6-97	2700-летняя почва на валу городища					
A01 0-3	3,22	3,51	3,35	9,88	8,11	10,63
A02 3-9	4,35	5,22	6,82	7,97	6,02	7,92
A03 9-10	4,42	5,03	4,55	9,03	4,31	10,63
A2 10-12	11,41	7,94	2,52	4,05	3,93	3,95
B1 12-18	3,06	2,17	2,21	11,94	5,45	2,94
Разрез 5-97	1500-летняя почва на валу городища					
A01 0-1	3,22	3,55	3,45	10,87	8,52	12,58
A02 1-5	5,64	4,96	5,77	7,98	5,85	6,38
A03 5-7	6,21	5,62	7,76	7,32	6,44	5,95
A2 7-12	7,43	8,00	1,99	6,18	3,81	3,65
B1 12-17	1,97	1,65	1,14	7,45	4,43	2,63
B2 17-28	4,69	4,27	2,91	17,0	3,00	2,21
B3 28-44	1,41	2,51	2,67	5,17	3,96	3,68
Разрез 1-97	5000-летняя почва на обваловке жилищной впадины					
A01 0-3	3,32	3,35	5,59	10,26	7,88	5,83
A02 3-5	4,14	4,24	4,92	8,74	6,70	9,37
A2 5-11	-	-	-	-	-	-
B1 11-15	7,41	8,1	6,07	5,12	4,00	3,42
Разрез 7-97	2500-летняя почва на обваловке жилищной впадины					
A01 0-2	3,24	3,35	4,03	10,88	8,15	7,59
A02 2-4	5,01	4,75	7,12	7,02	7,05	6,16
A03 4-5	4,25	4,29	8,20	9,32	7,51	8,21
A2 5-14	3,04	4,00	2,89	3,68	3,56	2,00
B1 14-15	1,71	1,47	2,83	6,22	4,50	4,40

ственно 7,35; 9,45; 1,88) по сравнению с фоновой существенно не отличаются (рис.6.12) (заметно превосходит фоновое значение лишь

плотность ГК-1 в разрезе 6—97 2700-летней почвы). В иллювиальных горизонтах В1 плотности фракций ГК-1 (1,97—3,06) и ГК-2 (1,65—2,17) также существенно не отличаются от таковых в фоновой почве (3,54 и 3,27 соответственно), тогда как плотности ГК-3 (1,14—2,21) заметно ниже (рис 6.14), чем у фоновой (5,98). В почвах на обваловках различия в оптических плотностях по сравнению с фоновой более значительны в первой (3,04 в 2500-летней почве; фон — 7,35) и второй (4,00; фон — 9,45) фракциях горизонтов А2, тогда как в третьей фракции различия менее значительны, но в фоновой почве раствор ГК имеет меньшую плотность, чем в 2500-летней почве (2,89; фон — 1,88) (рис. 6.13). В иллювиальных горизонтах обваловок различия в оптических плотностях существуют, но не обнаруживают закономерного изменения с возрастом почв: в 2500-летней почве оптические плотности всех трех фракций ниже, чем в фоновой почве, а в 5000-летней почве заметно превышают фоновые значения.

Сравнивая оптические плотности гуминовых кислот разных фракций в почвах на валах и обваловках, можно отметить меньшие величины плотностей ГК-1 и ГК-2 в элювиальных горизонтах в почвах на обваловках по сравнению с таковыми на валах.

В почвах ельников проявляются сходные закономерности. Так, для ГК-1 и ГК-2 оптические плотности в горизонтах А2 400-летней (разрез 2—98) и 3000-летней почв в целом близки к фоновым значениям: для ГК-1 — 10,30—7,37 при фоновом значении 8,98, для ГК-2 — 11,58—6,70 при фоновом значении 9,80. Временные закономерности выражены неясно. В 3000-летней почве оптическая плотность ниже, чем в фоновой, но в 400-летних почвах находим существенные расхождения: в разрезе 2—98 значение превышает фоновое, в разрезе 4—97 оптические плотности почти в два раза ниже (5,07 — для ГК-1 и 5,80 — для ГК-2). Подобная картина наблюдается и в иллювиальном горизонте: близкие к фоновому значения в 400-летней (р.2—98) и 3000-летней почве для ГК-1 (6,45—6,68; фон — 6,20) и для ГК-2 (5,87—7,62; фон — 5,95). Для разреза 4—97 значение существенно ниже — 3,90 и 3,44 для первой и второй фракций соответственно.

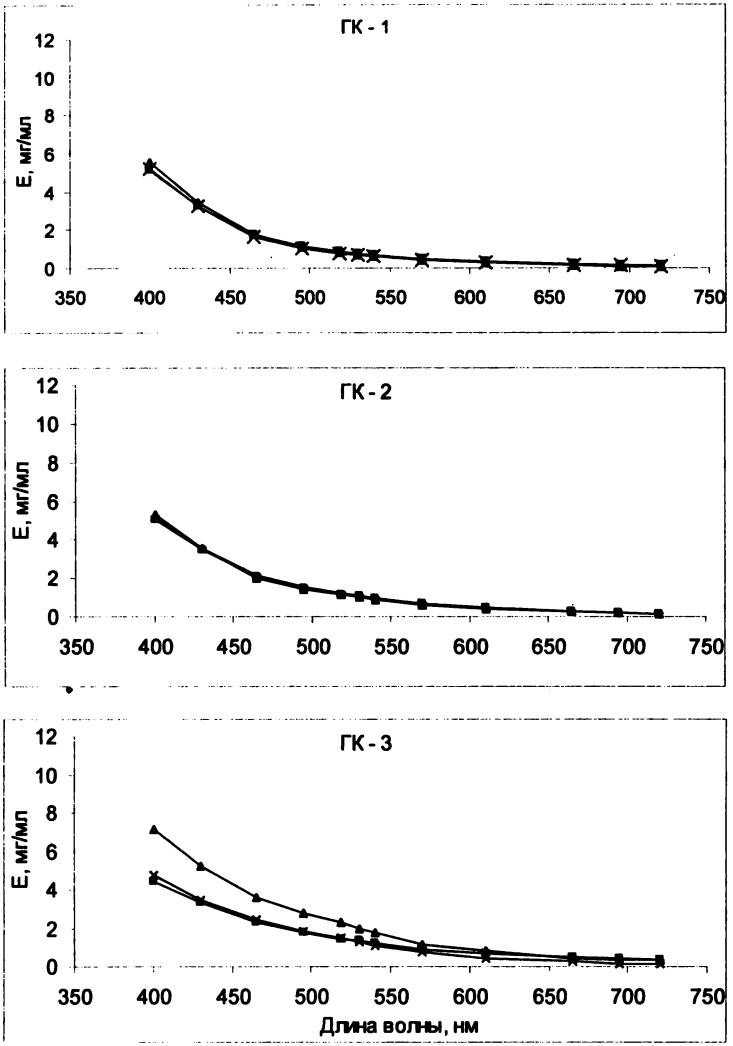


Рис. 6.7. Оптические плотности гуминовых кислот подгоризонта А01 подстилок почв оборонительных валов под сосняками.

▲ *фоновая почва,* ■ *2700-летняя почва,* × *1500-летняя почва*

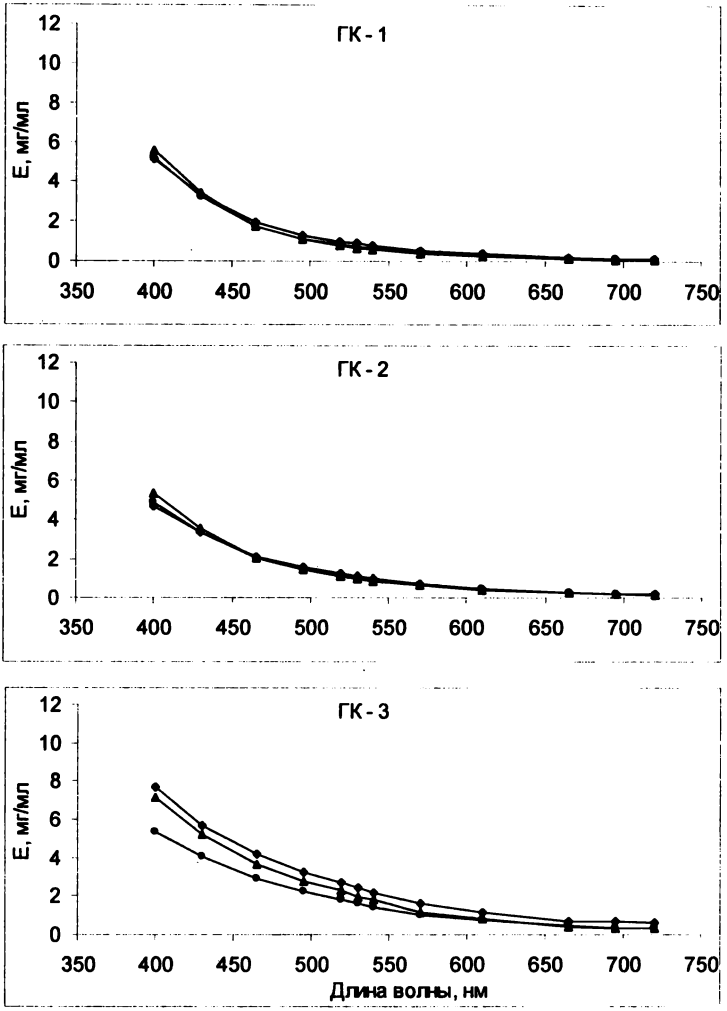


Рис. 6.8. Оптические плотности гуминовых кислот подгоризонта А01 подстилок почв обваловок жилищ под сосняками.

▲ *фоновая почва,* ● *5000-летняя почва,* ◆ *2500-летняя почва.*

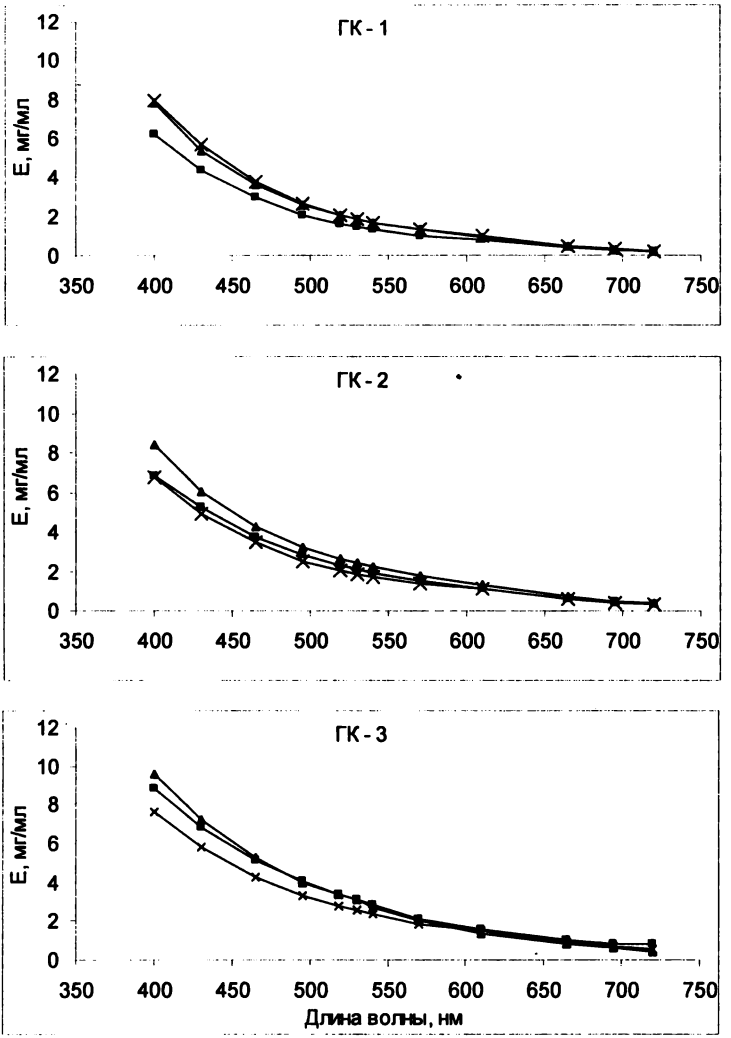


Рис. 6.9. Оптические плотности гуминовых кислот подгоризонта А02 подстилок почв оборонительных валов под сосняками.

▲ *фоновая почва,* ■ *2700-летняя почва,* ✕ *1500-летняя почва.*

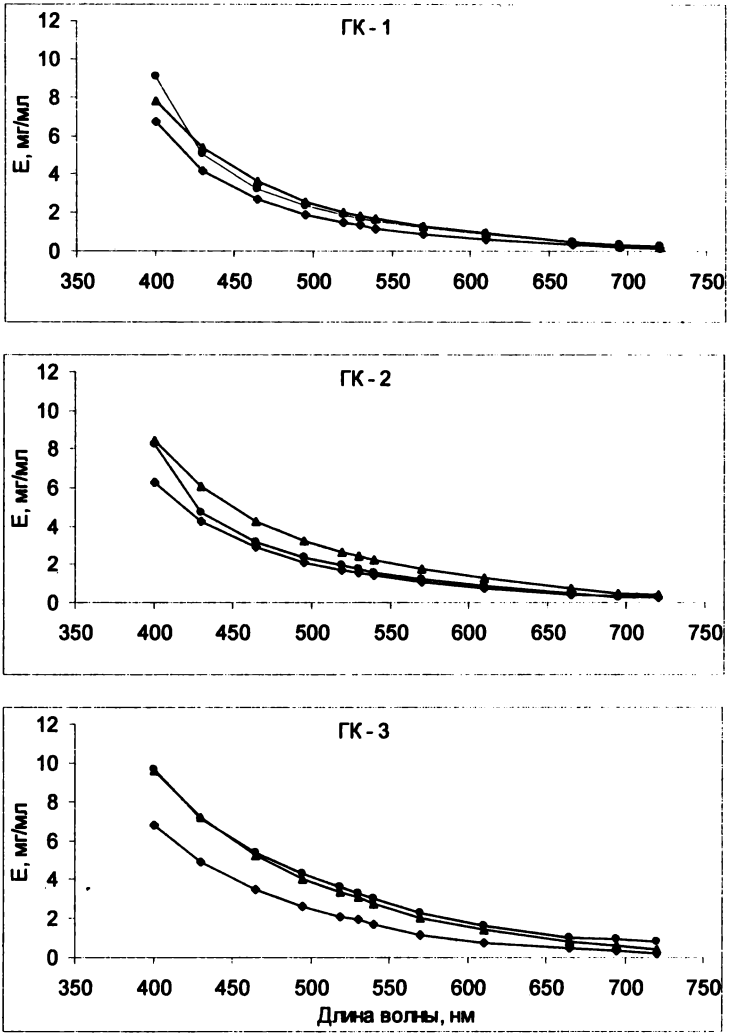


Рис. 6.10. Оптические плотности гуминовых кислот подгоризонта А02 подстилок почв обваловок жилищ под сосняками.

▲ *фоновая почва,* ● *5000-летняя почва,* ◆ *2500-летняя почва.*

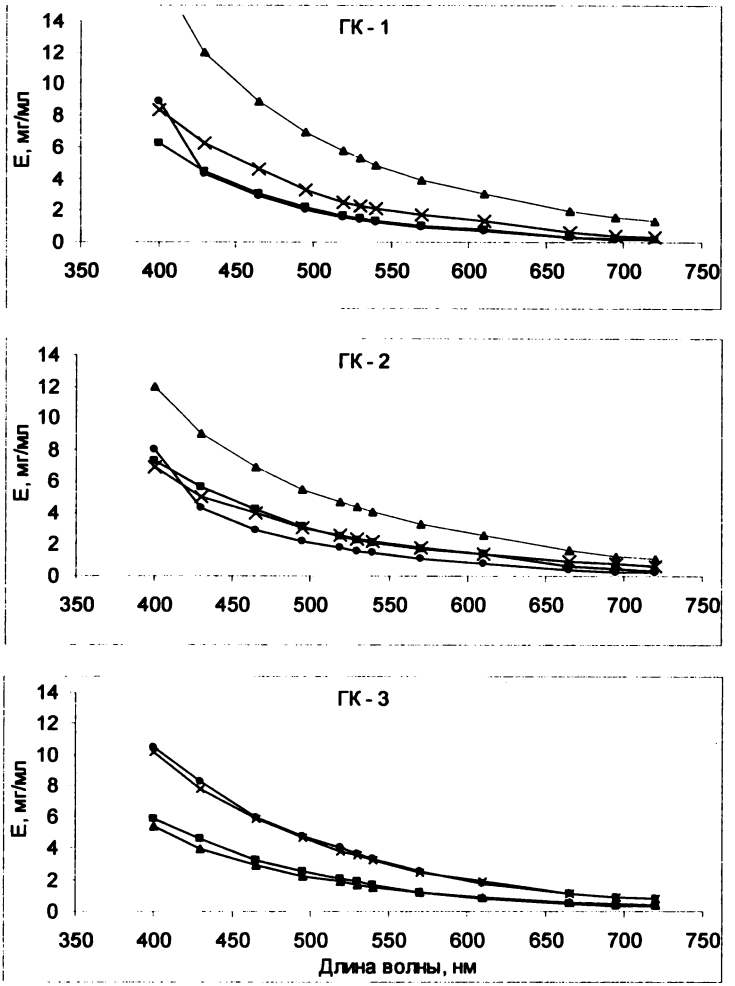


Рис. 6.11. Оптические плотности гуминовых кислот подгоризонта А03 подстилок почв под сосняками (для фоновой почвы — горизонт А0А1).

▲ *фоновая почва,* ■ *2700-летняя почва на оборонительном валу,* × *1500-летняя почва на оборонительном валу,* ◆ *2500-летняя почва на обваловке жилища.*

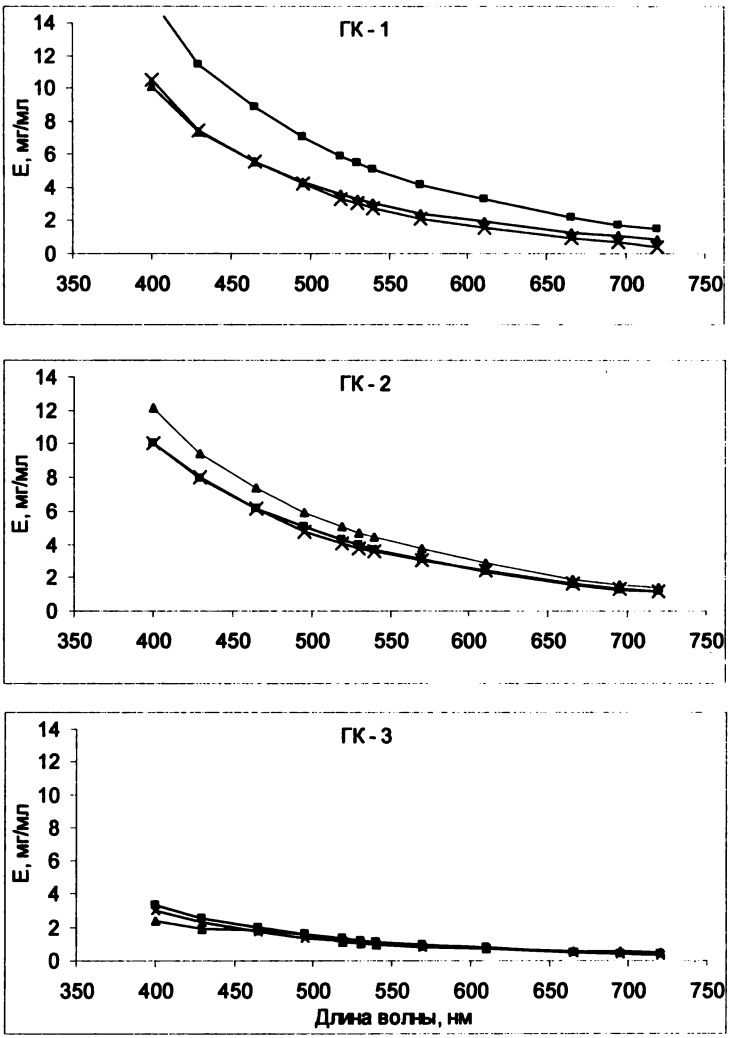


Рис. 6.12. Оптические плотности гуминовых кислот горизонта А2 почв оборонительных валов под сосняками.
▲ *фоновая почва,* ■ *2700-летняя почва,* × *1500-летняя почва.*

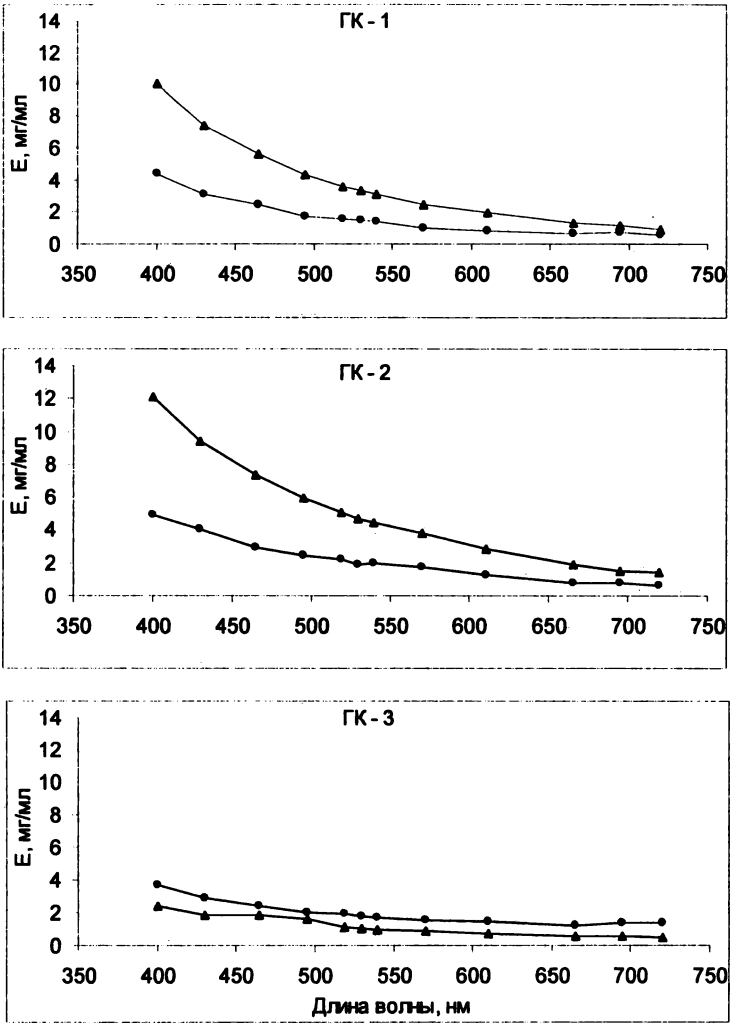


Рис. 6.13. Оптические плотности гуминовых кислот горизонта А2 почв обваловок жилищ под сосняками.
▲ *фоновая почва,* ◆ *2500-летняя почва.*

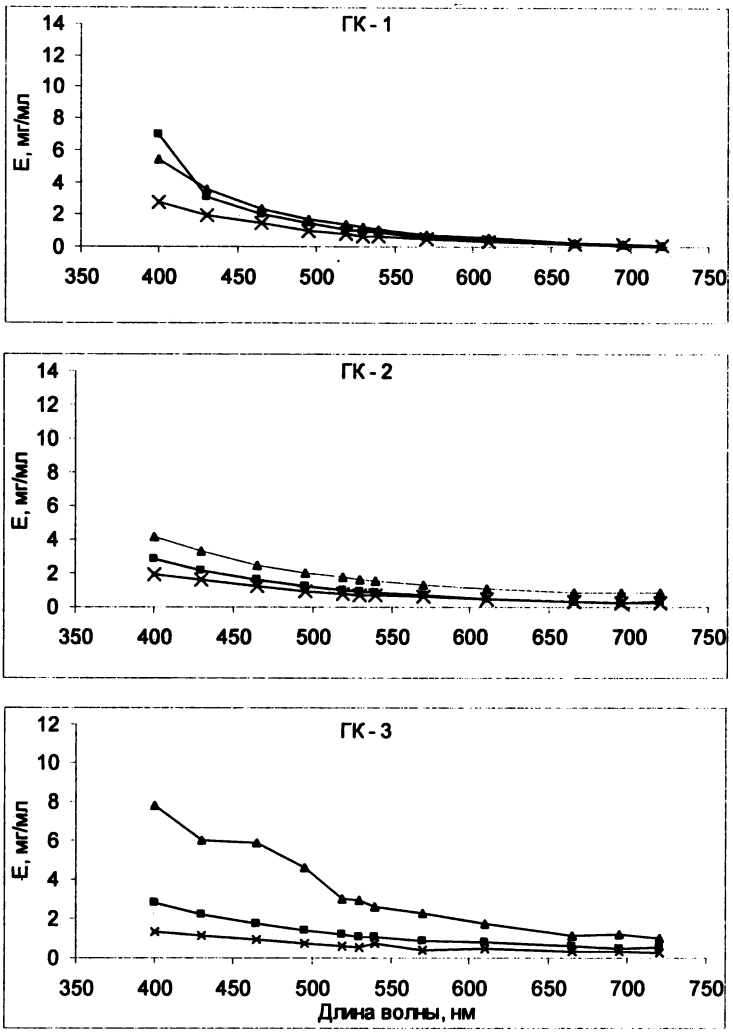


Рис. 6.14. Оптические плотности гуминовых кислот горизонта B1 почв оборонительных валов под сосняками.
▲ *фоновая почва,* ■ *2700-летняя почва,* × *1500-летняя почва.*

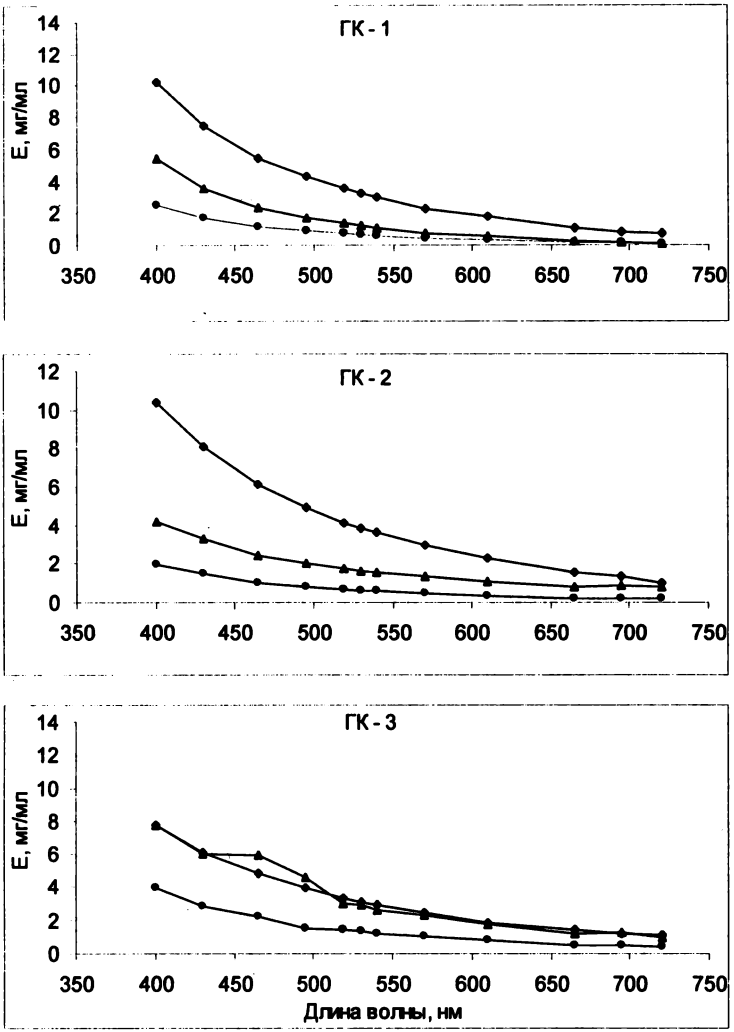


Рис. 6.15. Оптические плотности гуминовых кислот горизонта B1 почв обваловок жилищ под сосняками.
▲ *фоновая почва,* ● *5000-летняя почва,* ◆ *2500-летняя почва.*

Именно данная почва выделялась по соотношению $C_{ГК}:C_{ФК}$ и малой мощности формирующегося подзолистого горизонта (1 см горизонт А1А2). ГК-3 имеют близкие к фоновым значения плотностей в элювиальных и иллювиальных горизонтах всех разрезов: в горизонте А2 — значения составляют 4,51–5,10, фон — 4,10; в горизонте В1 — 2,51–3,68, в фоновой почве — 2,45. При сравнении оптических плотностей ГК в сосняках и ельниках можно отметить их близкие значения в горизонтах А2 ГК-1 и ГК-2, в горизонтах В1 оптические плотности выше в ельниках. Для ГК-3, наоборот, наблюдаем повышенные плотности в горизонтах А2 и близкие — в горизонтах В1.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о значительной, а иногда и полной идентичности оптических плотностей ГК в исследуемых нами почвах фоновым при возрасте почв от 1500 лет в сосняках и в 3000-летней почве под ельником. Однако расхождение в двух различных 400-летних почвах оптических плотностей первых двух фракций требует уточнения на дополнительном материале для молодых почв. В целом идентичность оптических плотностей свидетельствует о сходстве строения молекул ГК в изучаемых и фоновых почвах.

Структуру гуминовых кислот отражает также коэффициент $E_4:E_6$ ($E_{465нм}:E_{665нм}$), представляющий собой отношение оптических плотностей при длинах волн 465 и 665 нм. Чем данный коэффициент ниже, тем кривая спектров поглощения ГК имеет более пологий вид, что характерно для более зрелых молекул. В связи с этим мы предполагаем уменьшение $E_4:E_6$ со временем почвообразования. Поэтому в большинстве случаев наблюдается обратная по отношению к значениям оптических плотностей зависимость: в подстилках данный коэффициент уменьшается сверху вниз по мере созревания ГК, а в минеральной толще в большинстве случаев увеличивается от гор. А2 вниз к гор. В1, что более отчетливо проявляется в почвах под сосняками (табл. 6.41; 6.42). В почвах разных возрастов отмечены следующие особенности. В сосняках отношения $E_4:E_6$ в горизонтах А2 как на обваловках жилищ, так и на оборонительных валах близки между собой и фоновой почвой, лишь отмечается повышенное значе-

Таблица 6.42.

Оптические свойства гуминовых кислот разновозрастных почв (древостой с преобладанием ели, Ендырские памятники)

Горизонт, глубина, см	Оптические плотности $E_{C\,гк}^{1мг/мл}$, 430 нм			$E_{465нм}:E_{665нм}$		
	Фракции ГК			Фракции ГК		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
Разрез 3-98	Фоновая почва					
A2 8-13	8,98	9,80	4,10	4,62	5,52	2,90
B1 13-23	6,20	5,95	2,45	5,05	4,80	2,75
B2 23-39	4,10	1,85	3,30	4,97	-	3,47
Разрез 4-98	3000-летняя почва					
A2 5-12	7,37	6,70	4,95	5,04	5,43	3,49
B1 12-37	6,45	5,87	3,68	5,52	7,68	3,47
Разрез 4-97	400-летняя почва					
A01 0-2	3,21	3,62	3,04	13,91	8,41	10,50
A02 2-5	6,08	4,91	4,13	7,54	6,06	6,69
A03 5-7	6,34	6,76	4,37	7,56	6,59	9,15
A1A2 7-8	5,07	5,80	4,51	5,67	4,15	4,20
B1 8-18	3,90	3,44	2,51	4,85	4,47	4,71
Разрез 2-98	400-летняя почва					
A1A2 8-13	10,30	11,58	5,10	4,80	4,62	3,97
B1 13-25	6,68	7,62	3,20	4,62	5,10	2,90

ние в наиболее молодой 1500-летней почве для первой фракции. Так, для ГК-1 значения колеблются в пределах от 3,68 до 4,05 (фоновая почва — 4,42), за исключением 1500-летней почвы (6,18), для ГК-2 — от 3,56 до 3,93 (фоновая почва — 3,97), для ГК-3 — от 2,00 до 3,95 (фоновая почва — 3,32). В горизонтах B1 значения для ГК первой фракции изменяются в более широких пределах — от 5,12 до 11,94 (фон — 8,46), при этом временных закономерностей не наблюдается. Для ГК второй и третей фракций значения отношений более близки: от 4,00 до 5,45 для ГК-2, фоновая почва имеет наиболее низкое отношение $E_4:E_6$ — 3,04 и от 2,63 до 4,40, однако фоновая почва, напротив, имеет самое высокое отношение — 5,14.

В ельниках в целом значения $E_4:E_6$ достаточно близки как в горизонтах B1, так и в A2 разновозрастных и фоновой почв.

Прослеживается незначительное уменьшение коэффициента $E_4:E_6$ для ГК-1 в горизонте А2 в ряду 400 лет (разрез 4—97) — 3000 лет — фон (5,67 — 5,04 — 4,62), однако в другой 400-летней почве (разрез 2—98) $E_4:E_6$ соответствует фоновому значению (4,80). Для ГК-3 коэффициент в указанном ряду уменьшается (4,20 и 3,97) — 3,49 — 2,90. Для ГК-2 отношения, наоборот, увеличиваются с возрастом от 4,15 до 5,43 при фоновом значении 5,52. Несовпадение закономерностей для второй и других фракций, возможно, связано с колебаниями значений при их общем сходстве. В горизонтах В1 почв ельников разница в значениях коэффициентов $E_4:E_6$, как правило, несущественна, временных закономерностей не наблюдается.

Таким образом, по изменению значения коэффициента $E_4:E_6$ не обнаружено возрастных изменений в почвах возрастом от 1500 до 5000 лет в сосняках и от 400 до 3000 лет в еловых лесах.

Почвы Барсовой горы

Оптические плотности ГК-1 в исследованных почвах Барсовой горы характеризуются величинами 1,43—103,0 при концентрации $C_{ГК}$ 1мг/мл и 440 нм (табл. 6.43). В молодых 500- 1500-летних и в 4000-летней почвах оптические плотности увеличиваются с глубиной, в 2500-, 3000-, 6000-летних почвах наблюдается обратная картина — увеличение E_{440} снизу вверх, что выявлено на Ендырских памятниках и согласуется с упоминавшимися литературными данными. В ряду оборонительных валов 1400 — 1500 — 2500 лет в элювиальных горизонтах оптические плотности заметно возрастают до 2,66 — 3,10 — 8,39 — 25,75 (2 разреза возрастом 2500 лет). В 500- 6000-летних почвах обваловок значения близки между собой (6,68—7,63) и имеют промежуточное значение по отношению к хроноряду почв оборонительных валов между 1500-летней и 2500-летними почвами. Отличается низким значением оптической плотности 4000-летняя почва.

В горизонтах В1 в почвах оборонительных валов, подобно элювиальному горизонту, плотность увеличивается от 2,68—3,72 в

Таблица 6.43.

Оптические плотности $E_{C\ гк}^{1мг/мл}$ и коэффициенты $E_{465нм}:E_{665нм}$ гуминовых кислот первой фракции почв Барсовой горы

Горизонт, глубина, см		Длина волны, нм						$E_{465нм}:E_{665нм}$
		440	490	540	590	670	750	
Разрез 28-92. 6000-летняя почва								
A2	2-6	7,15	5,72	2,80	2,86	-	-	4,17
B1	6-12	6,44	3,58	2,15	1,79	0,72	-	6,09
B2	12-33	5,25	3,81	2,64	1,91	0,95	-	4,39
Разрез 30-92. 4000-летняя почва								
A2	1-6	1,43	1,14	0,57	0,29	0,00	-	5,83
B1	6-10	2,36	1,43	0,60	0,36	0,00	-	5,35
B2	10-20	12,22	9,77	6,11	3,67	2,44	-	4,20
Разрез 29-92. 3000-летняя почва								
A2	2-6	7,63	9,06	2,62	2,86	1,43	-	0,71
B1	6-8	5,72	3,34	1,43	0,95	0,00	-	-
Разрез 26-92. 2500-летняя почва								
A1	3-8	15,74	11,73	7,44	5,72	4,15	1,42	2,78
A2	8-15	25,75	18,60	10,73	10,01	4,29	1,43	4,76
B1	15-23	8,58	5,25	2,86	2,38	0,93	-	5,43
B2	23-43	7,87	5,73	2,86	2,86	1,21	-	4,51
Разрез. 25-92. 2500-летняя почва								
A1	3-4	103,00	74,39	51,50	38,91	15,57	10,30	5,22
A2	4-10	8,39	6,29	3,84	3,32	1,92	0,87	3,93
B1	10-15	12,88	8,58	4,29	4,29	1,43	-	6,00
B2	15-30	2,15	1,43	0,72	0,72	0,72	-	-
Разрез 17-92. 1500-летняя почва								
A2	1-4	3,10	2,27	1,31	1,07	0,48	-	5,14
B1	4-11	3,72	2,58	1,43	1,14	0,43	-	6,14
B2	11-33	8,58	5,72	3,72	3,15	1,72	0,57	4,04
Разрез 13-92. 1400-летняя почва								
A2	1-6	2,66	2,04	1,23	0,92	0,41	0,20	5,42
B1	6-10	2,68	1,79	0,89	0,72	0,36	-	5,77
B2	10-33	5,36	3,93	2,86	2,50	1,43	0,72	3,12
Разрез 18-92. 500-летняя почва								
A2	2-5	6,68	4,77	2,86	2,38	0,95	-	5,50
B1	5-11	11,92	2,38	1,91	1,19	0,48	-	6,17

1400–1500-летних почвах до 12,88–8,58 в 2500-летних. В почвах обваловок значения в 3000–6000-летних почвах несколько ниже значений в 2500-летней почве оборонительного вала разрез 26–92, а в 4000-летней почве несколько ниже и соответствует

показателю в 1400-летней почве вала, т.е., зависимости оптических плотностей от возраста почв обваловок жилищ не обнаружено, а по своим значениям 3000–6000-летние почвы близки к 1300–2500-летним почвам оборонительных валов.

Коэффициент E_4:E_6 ($E_{465нм}$:$E_{665нм}$) в почвах Барсовой горы имеет сходные величины с почвами Ендырских памятников: 2,78–6,17. Наибольшие значения в профиле характерны для иллювиальных горизонтов B1. В возрастных рядах наблюдается незначительное понижение от 1400–1500-летних к 2500-летним почвам валов: от 5,14–5,42 до 3,93–4,76. Коэффициенты E_4:E_6 в 500-летней и 4000- и 6000-летних почв обваловок имеют близкие значения (5,50 — 5,83 — 4,17). В горизонтах B1 не найдено существенных различий для почв разных возрастов оборонительных валов и обваловок.

Таким образом, в почвах археологических памятников возрастом от 400 до 5000 лет (Ендырские памятники) и от 500 до 6000 лет (Барсова гора) не выявлено отличий по значению коэффициента E_4:E_6 в зависимости от продолжительности почвообразования, что так же, как и оптические плотности, свидетельствует о сходстве строения гуминовых кислот в почвах данных возрастов и о сходных условиях их формирования.

Обобщение данных по органическому веществу для двух групп памятников и сравнение показателей гумусного состояния (табл. 6.35–6.38) позволяет выделить следующие особенности исследованных почв.

Все почвы характеризуются резким преобладанием органического вещества в подстилках по сравнению с минеральным профилем, что связано с медленной скоростью процессов гумификации в условиях дефицита тепла, избыточного увлажнения и кислой реакции почв, обусловливающих накопление неразложившегося вещества в подстилках и низкое содержание гумуса в минеральных горизонтах. Запасы углерода органических соединений в подстилках колеблются в зависимости от мощности подстилок (5–6 см и 7–8 см, Ендырские памятники). В целом в ельниках подстилки более мощные и соответственно характеризуются большими запасами органического углерода. Запасы

гумуса в минеральном слое 0—20 см очень низкие в сосняках и ельниках и не прямо пропорциональны возрасту почв.

В распределении гумуса в минеральном профиле почв Ендырских памятников обнаружено два типа профильного распределения. Первый тип — бимодальное распределение с максимальным содержанием в иллювиальных горизонтах и пониженным — в более глубоких и элювиальных горизонтах, характерное для всех почв сосняков, за исключением наиболее молодой 1500-летней почвы. Второй тип — постепенно убывающее распределение с аккумуляцией гумуса в верхних горизонтах A2 или A1A2, характерное для почв всех возрастов ельников, включая фоновую почву, а также для молодых почв на современных отвалах. Мы считаем, что на распределение гумуса в почвах оказывает влияние состав древесного яруса, а при прочих равных условиях на определенных стадиях развития почв происходит смена постепенно убывающего распределения на элювиально-иллювиальное.

Подобная закономерность выявлена и для почв Барсовой горы, где смена типа распределения связана с возрастом более 3000 лет.

На Ендырских памятниках соотношение $C_{ГК}:C_{ФК} < 1$, что соответствует фульватному или гуматно-фульватному типу гумуса (за исключением горизонта A1A2 разреза 4—97 и горизонта A1 разреза 26—92). В почвах ельников в горизонтах A2 и B1 наблюдается уменьшение соотношения с увеличением возраста от 400 до 3000 лет и к фоновой почве. В почвах сосняков четкой закономерности от возраста не выявлено, хотя в подзолистом горизонте фоновой почвы указанное соотношение имеет минимальное значение по сравнению с остальными почвами. В почвах Барсовой горы в хроноряду оборонительных валов от 1300 до 2500 лет также выявлено уменьшение соотношения в подзолистом горизонте с возрастом и увеличение — в иллювиальных горизонтах B1 и B2, но в почвах обваловок жилищ возрастом от 500 до 6000 лет данная закономерность не подтверждается.

В составе ГК преобладают бурые гуминовые кислоты первой фракции. Их содержание оценивается как очень высокое, высокое, реже — как среднее, а в единичном случае — низкое. В

составе фульвокислот также преобладают свободные ФК, при этом содержание последних, как правило, увеличивается с глубиной.

Содержание ГК, связанных с кальцием, очень низкое или низкое, или ГК данной фракции отсутствуют. Несколько выше содержание ГК прочно связанных с минералами и устойчивыми полуторными окислами, причем в сосняках их меньше, чем в ельниках (оценивается как среднее по сравнению с высоким содержанием в ельниках). В почвах Барсовой горы как вторая, так и третья фракции ГК в большинстве случаев не выделены. В соотношении разных фракций гуминовых и фульвокислот не выявлено временной зависимости.

Оптические плотности ГК всех трех фракций очень низкие, низкие или средние, что указывает на упрощенное строение молекул гуминовых кислот. В некоторых горизонтах почв Барсовой горы обнаружены ГК с высокой оптической плотностью. В подстилках наблюдается практически полное совпадение кривых электронных спектров поглощения в связи со сходством условий и процессов трансформации растительного материала. В минеральных горизонтах не найдено существенных различий в оптических плотностях в разновозрастных и фоновых почвах, однако предполагаем необходимость дополнительных исследований почв молодого возраста, поскольку одна из 400-летних почв характеризовалась меньшими значениями оптической плотности.

Таким образом, за промежутки времени 1500 лет и более в сосняках и 400 лет и более в ельниках на Ендырских памятниках и за промежутки времени от 500 до 6000 лет в сосняках Барсовой горы сформировались почвы с типичными характеристиками органического вещества подзолистых почв, что свидетельствует о формировании системы гумусовых веществ по зональному типу. Содержание, состав и свойства гумусовых веществ в изучаемых почвах соответствует гидротермическим условиям их формирования. С возрастом наблюдается уменьшение соотношения $C_{ГК}:C_{ФК}$ в почвах ельников и в почвах оборонительных валов Барсовой горы, однако в других хронорядах данная закономерность отчетливо не проявляется. По соотношению отдельных фракций ГК и ФК, их оптическим свойствам не выявлено зависимости от времени почвообразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований 400—6000-летних почв, сформировавшихся на территории археологических памятников в условиях средней тайги Западно-Сибирской низменности сделаны следующие выводы.

Почвы в пределах территорий археологических памятников — это особые почвы, представляющие собой результат консервации следов деятельности древнего человека и одновременно действия природных факторов, что позволяет выделять их в качестве антропогенных почвенно-литологических горизонтов — культурных слоев (Сычева, 1994). Наблюдается значительная вариабельность свойств почв, как их морфологических особенностей, так и химического состава, связанная с деятельностью человека. Несмотря на антропогенное влияние, на территориях памятников можно выделить относительно «чистые» участки, где воздействие человека проявлялось лишь в их сооружении. На основе изучения данных почв были построены хроноряды. В нашей работе обоснована перспективность использования дневных почв на разновременных земляных археологических памятниках для изучения скорости восстановления нарушенных почв.

Следует также отметить особенности методологичекого подхода для решения указанной проблемы. Во-первых, для выявления закономерностей как накопления веществ, ранее не присутствующих в породах (органическое вещество), так и для изучения процессов перемещения веществ по профилю необходимо сравнивать лишь те почвы, которые близки по основным факторам почвообразования и различаются лишь по возрасту.

Во-вторых, в почвоведении для оценки степени дифференциации почвенных профилей многие исследователи предлагали использовать коэффициенты дифференциации, однако нам не известны работы, в которых подобные коэффициенты применялись для выявления скорости развития частных почвенных профилей на достаточно больших отрезках времени. Полученные данные позволяют нам считать использование коэффициентов дифференциации (КД) профиля по отдельным почвенным по-

казателям очень удачным приемом для исследования скорости перемещения веществ внутри профиля.

Наши исследования показали, что направление восстановления почв и растительности на разновременных археологических памятниках соответствует зональному восстановлению биогеоценозов, поэтому выявленные процессы можно рассматривать как предшествующие стадии развития зрелых фоновых почв и растительности.

В процессе почвообразования формируются почвы с морфологическим обликом, соответствующим фоновым подзолистым почвам. К 400 годам подстилки являются вполне сформированными. С увеличением возраста нарастает мощность подзолистого горизонта А2. Начиная с 2500 лет, пределы колебаний мощностей исследуемых почв (5,3±1,1 см) входят в пределы колебаний мощности у фоновых почв (7,2±1,1 см), хотя даже в самой старой группе почв возрастом более 3000—6000 лет мощность по средним величинам не достигает фонового значения.

По химическим показателям почвы соответствуют зональным подзолистым и характеризуются кислой реакцией, низким содержанием оснований, гумуса, питательных элементов в минеральной части профиля. Наблюдается элювиально-иллювиальная дифференциация профиля по аморфным и валовым формам железа, алюминия, подвижного и валового фосфора, валового кальция, илистой фракции.

Характерные времена по отдельным показателям, как показано В.О. Таргульяном и И.А. Соколовым (1978), различны. Этот вывод подтверждается полученными нами результатами. Выявлено, что некоторые почвенные признаки достигли значений фоновых почв. Произведена группировка свойств почв по величинам характерного времени:

- Наименьшее ХВ среди рассматриваемых признаков найдено для мощности подстилок — 400 лет, хотя, возможно, этот период может быть и значительно меньше (100—150 лет. К этому же времени можно отнести и запасы органического вещества подстилок.

- Оптическая плотность фракций ГК-1 и ГК-2 характеризуется временем менее 1500 лет. В почвах на валах к этому времени они достигают зональных значений.

- Дифференциация профилей по содержанию аморфного железа и подвижным формам фосфора происходит в течение 2500 лет.

- В группу с интервалом ХВ 2500–5000 лет нами отнесена профильная дифференциация по содержанию валового кальция и фосфора. В эту же группу можно отнести соотношение $C_{ГК}$:$C_{ФК}$, которое в горизонтах А2 у 2500–3000-летних почв больше, чем в фоновых, а в В1 подобная закономерность наблюдается лишь в почвах под ельниками.

- В группу с ХВ более 5000 лет отнесена степень дифференциации профиля по валовому железу и илу.

Скорость изменения свойств отдельных почвенных признаков носит нелинейный характер: наиболее высока в первые десятки и сотни лет почвообразования, затем после резкого снижения продолжает постепенно снижаться до достижения рассматриваемым признаком состояния зрелой почвы.

Если предполагать, что после 2500–3000 лет скорость изменения свойств почв практически не уменьшается, то можно приблизительно определить ХВ по тем показателям, которые не достигли зрелого равновесного состояния. Так, нами рассчитано, что по валовому железу ХВ составит 6000–6300 лет.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что восстановление почв — медленный процесс, требующий по консервативным параметрам более 5000 лет, следовательно, почвы являются практически полностью невозобновимым природным ресурсом.

ЛИТЕРАТУРА

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

Александрова Л.Н., Новицкий М.В., Крупина Г.И. О моделировании процессов гумификации растительных остатков в почве // Моделирование почвообразовательных процессов гумидной зоны. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. С. 8–26.

Александровский А.Л. Методические подходы при изучении истории почв // Общие методы изучения истории современных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 142–161.

Александровский А.Л., Иванов И.В. Методы изучения возраста почв // Пространственно-временная организация и функционирование почв. Пущино, 1990. С. 44–57.

Александровский А.Л., Караваева Н.А., Таргульян В.О. Эволюция почв бореальных равнин Евразии и Северной Америки в голоцене // История развития почв СССР в голоцене. Пущино,1984. С. 17–18

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.:МГУ, 1970. 489 с.

Арманд А.Д., Таргульян В.О. Принцип дополнительности и характерное время в географии // Системные исследования. М., 1974. С. 146–153.

Атлас СССР // М.: ГУГиК, 1986. 260 с.

Ахтырцева Н.И. О классификации антропогенных ландшафтов // Вопросы географии. М.: Мысль, 1977. Сб. 106: Влияние человека на ландшафты. С. 53–57.

Безуглова О.С. , Орлов Д.С. Биогеохимия. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 320с.

Борзунов В.А. Отчет об исследованиях в 2000 году селища Барсова гора IV/10 (раскоп 6) в зоне строительства подъездных путей к автомобильному мосту через р. Обь на участках

111—114 у пос. Барсова Сургутского района ХМАО. Екатеринбург, 2000. УрГУ. ф.II, 614

Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

Вильямс В.Р. Собрание сочинений. Т.5.Почвоведение. М.: Гос. изд-во сельхоз. литературы, 1950. 624с.

Волков И.А., Волкова В.С. Осадки трансгрессивных фаз плейстоценового Мансийского озера и великая система стока ледниковых вод Сибири // Четвертичные оледенения Западной Сибири и других областей Северного полушария. Новосибирск: Наука, 1981. С. 85—91. Тр. Ин-та геологии и геофизики. Вып. 494.

Волкова В.С., Бахарева В.А., Левина Т.П. Растительность и климат голоцена Западной Сибири // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 90—95.

Волобуев В.Р. Компонентная вода географической оболочки // Почвоведение. 1961. №11. С. 1—6.

Волобуев В.Р. Применение графического метода в изучении состава гумуса основных типов почв СССР // Почвоведение. 1962. № 1. С. 36.

Волобуев В.Р. Экология почв. Баку:Изд-во АН Азерб.ССР, 1963. 260 с.

Гаврилова И.П., Долгова Л.С. Песчаные почвы среднетаежной подзоны Западной Сибири. //Природные условия Западной Сибири. М., 1972. Вып. 2. С. 34—50.

Гаджиев И.М. Почвы бассейна реки Васюган. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1976. 152 с.

Гаджиев И.М., Овчинников С.М. Почвы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1977. 152 с.

Гаджиев И.М. Специфика почвообразования и некоторые итоги исследований // Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1988. С. 5—14.

Геннадиев А.Н. Изучение почвообразования методом хронорядов (на примере почв Приэльбрусья) // Почвоведение. 1978. № 12. С. 33–43.

Геннадиев А.Н. Пространственно-временные модели почвообразования // История развития почв СССР в голоцене. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1984. С. 56–58.

Геннадиев А.Н. Опыт исследования современного этапа лесного почвообразования на Северо-Западе ЕТС // Почвоведение. 1985. № 6. С. 17–32.

Геннадиев А.Н. Пространственно-временные модели развития почв // Эволюция и возраст почв СССР. Пущино, 1986. С. 67–75.

Геннадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. М.: Изд-во МГУ, 1990. 232 с.

Герасимов И.П. Основные вопросы географии почв Западной Сибири // Проблемы советского почвоведения. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1940. Сб. 11. С. 37–64.

Герасимов И.П. Метаморфоз почв и эволюция типов почвообразования // Почвоведение. 1968. №7. С. 143–155.

Герасимов И.П. Природа и сущность древних почв // Почвоведение. 1971. №1. С. 3–10.

Герасимов И.П. Абсолютный и относительный возраст почв, определяемый по радиоактивному изотопу углерода гумуса // Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.: Наука, 1976. С. 269 –282.

Герасимов И.П. Современные представления о возрасте почв. // Герасимов И.П. Эволюция и дифференциация природы Земли: Избр. тр. М.: Наука, 1990. С. 293–304.

Герасимов И.П. Глазовская М.А. Основы почвоведения и география почв. М.: Геогрфгиз, 1960, 491с.

Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Научные доклады Высш. школы. Геол, геогр. Науки. 1958. № 1.

Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. М.: Высш. шк., 1981. 400с.

Гумусообразование в техногенных экосистемах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. 165с.

Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1984. 152с.

Дергачева М.И. Эколого-генетические особенности гумусообразования // Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1988. С. 57—73.

Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997а. 228с.

До Динь Шам. Характеристика некоторых типов гумусового профиля подзолистых лесных почв Ленинградской области // Почвоведение. 1977. №3. С. 14—22.

Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. Учеб.для ВУЗов. М.:Гуманит.изд.центр ВЛАДОС, 1999. 384 с.

Добровольский Г.В. Структурно-функциональная роль почвы в устойчивости наземных экосистем // Экология и почвы: Избр. лекции I-VII Всерос. шк. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. С. 9—15.

Добровольский Г.В., Гришина Л.А., Розанов Б.Г., Таргульян В.О. Влияние человека на почву как компонент биосферы // Почвоведение. 1985. № 12. С. 55—65.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М.: Наука, 1990. 270с.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв ка незаменимого компонента биосферы: функционально-экологический подход. М.: Наука, 2000. 185с.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Афанасьева Т.В. Таежное почвообразование в континентальных условиях (Западная Сибирь). М.: Изд-во МГУ, 1981. 216с.

Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во МГУ, 1984. 415 с.

Долгова Л.С. , Гаврилова И.П. Особенности почв средне- и северотаежных подзон Западной Сибири (в пределах Тюмен. обл.) //Природные условия Западной Сибири. М.: Изд-во МГУ, 1971. Вып. 1 С. 77–90.

Иванов И.В. Почвоведение и археология // Почвоведение. 1978. № 10. С. 17–28.

Иванов И.В., Александровский А.Л. Методы изучения эволюции почв // Почвоведение. 1987. №1. С. 112 –120.

Иенни Г. Факторы почвообразования. М.: Иностранная литература, 1948. 348с.

Завалишин А.А. Исследования генезиса серых лесных и подзолистых почв: Избр. тр. Л.: Наука, 1973. 300с.

Западная Сибирь / И.П. Герасимов, Г.Д. Рихтер и др. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 488 с.

Захаров С. А. Курс почвоведения. 2-е изд. М.,Л.: Сельхозгиз, 1931. 426 с.

Зонн С. В. Железо в почвах (Генет. и геогр. аспекты). М.: Наука, 1982. 208 с.

Зонн С. В., Травлеев А.П. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв. Киев: Наукова думка, 1989. 216 с

Зыков А.П., Кокшаров С. Ф. Северная Троя // Родина. 2001. № 5. С. 30–35.

Караваева Н.А. Почвы тайги Западной Сибири. М.: Наука, 1973. 168 с.

Караваева Н.А. Заболачивание — основное направление эволюции почв недренированных равнин гумидной бореальной области // Проблемы почвоведения. М., 1982. С. 117–125.

Карпачевский Л.О. Динамика свойств почвы. М.: Геос, 1997. 170 с.

Ковда В.А., Лобова Е.В., Розанов Б.Г. Проблема классификации почв мира // Почвоведение. 1967. №4. С. 3–22.

Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Ч.1, 446с., Ч.2, 468с.

Ковда В.А. Незаменимость почвенного покрова в природе // Земельные ресурсы мира, их использование и охрана. М.: Наука, 1978. С. 12–21.

Ковда В.А. Патология почв и охрана биосферы планеты // Пространственно-временная организация и функционирование почв. Пущино, 1990. С. 8–43.

Козловский Ф.И. Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв. М.: Наука, 1991. 196с.

Кокшаров С. Ф. Отчет об археологических исследованиях, проведенных в Октябрьском районе Тюменской области в 1993 г: (Ханты-Мансийский автоном. окр.). Екатеринбург, 1994.

Колебания климата за последнее тысячелетие. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 408с.

Кононова М.М. Процессы превращения органического вещества и их связь с плодородием почв // Почвоведение. 1968. №8. С. 17–26.

Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1951. 390с.

Кононова М.М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 315 с.

Копосов Г.Ф. Почвы террас верховий р. Таз // Почвоведение. 1976. №4. С. 28–39.

Коркина И.Н., Махонина Г.И. Качественный состав гумуса в разновозрастных почвах археологических памятников // Тр. Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2001. Т. 3. С. 177–184.

Коркина И.Н., Плеханова Л.Н. Физико-химические свойства 3–5-тысячелетних почв, сформированных на археологическом памятнике «Окуневый мыс» (Оз. Арантур Тюмен. обл.) // Проблемы общей биологии и прикладной экологии: Сб.тр. молодых ученых. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1997. Вып 1. С. 159–165.

Кудеярова А.Ю. Формы аккумуляции и миграции фосфора в почвах в условиях антропогенеза // Естественная и антропогенная эволюция почв. Пущино, 1988. С. 107–116.

Махонина Г.И. Состав гумуса почв, образующихся на буроугольных отвалах при естественном зарастании // Проблемы рекультивации в СССР. Новосибирск, 1974. С. 205–209.

Махонина Г.И. Почвообразование в техногенных ландшафтах Урала// Выветривание и почвообразовательные процессы на отвалах техногенных ландшафтов: Сб. докл. Конин, 1989. Т.1. С. 160–174.

Махонина Г.И. К вопросу о восстановлении почвенного покрова на оборонительных сооружениях древних городищ // Экологические проблемы земледелия Среднего Урала: Материалы конф. Екатеринбург, 1995. С. 88–98.

Махонина Г.И. Формирование и состав лесных подстилок сосняков на промышленных отвалах южной тайги Урала // Экологические исследования на Урале: Сб.науч.тр. Екатеринбург: Из-во УрГУ, 1997. С. 44–55.

Махонина Г.И. почвы на археологических памятниках Барсовой горы //Барсова гора: 110 лет археологических исследований. Сургут: МУ ИКНЦП «Барсова гора», 2002. С. 152–157.

Махонина Г.И., Коркина И.Н. Скорость восстановления почвенного покрова на антропогенно нарушенных территориях (на примере археологических памятников Западной Сибири) // Экология. 2001. №1. С. 14–19.

Махонина Г.И., Китаева И.М., Стрижанова Л.Ф., Неверова Н.М. Характеристика двухсотлетних почв, формирующихся на отвалах месторождений медистых песчаников (Перм. обл.) // Структура и динамика биогеоценозов Урала. Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1985. С. 144–161.

Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.:Мысль, 1973. 224с.

Михайлов Н.И. Природа Сибири: Геогр. пробл. М.: Мысль, 1976. 158 с.

Морозов А.И., Таргульян В.О. Идеальная модель развития элювиального горизонта в почвах и корах выветривания // Почвоведение. 1995. № 7. С. 897–903.

Морозов С. С. , Поляков С. С. , Терешков Г.М. Почвы центральной части Ханты-Мансийского округа // Почвоведение. 1961. №12. С. 18–28.

Мотузова Г.В. Принципы и методы почвенно-химического мониторинга.М.: Изд-во МГУ, 1988. 101с.

Нейштадт М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 404 с.

Нейштадт М.И. Региональные закономерности истории фитоценозов СССР в голоцене по палинологическим данным // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 79–91.

Никитин Е.Д. О биогеоценотических функциях почв // Вестн. МГУ. Сер. Почвоведение. 1977. № 4. С. 3–8.

Никитин Е.Д. Роль почв в жизни природы. М.: Знание, 1979. 50 с.

Никитин Е.Д. Берегите почву. М.: Знание, 1990. 60 с.

Никитин Е.Д., Гирусов Г.В. Шагреневая кожа Земли: биосфера — почва — человек. М.: Наука, 1993. 110 с.

Нягань. Город на историческом фоне Нижнего Приобья. Екатеринбург, 1995. 154 с.

Овчинников С. М. К характеристике автоморфных подзолистых почв средней тайги Западной Сибири // Генетические особенности и вопросы плодородия почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1972. С. 26–35.

Овчинников С. М. О песчаных почвах южной части бассейна реки Таз // Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск, 1979. С. 172–181.

Орлов В.И. Западная Сибирь. М.: Успедгиз, 1961. 192 с.

Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.:Изд-во МГУ, 1990. 325 с.

Орлов Д.С. , Бирюкова О.Н. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. 1995. №1. С. 21–32.

Орлов Д.С. , Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

Основы лесной биогеоценологии / Под.ред. В.Н. Сукачева, Н.В. Дылиса. М.: Наука, 1964. 575 с.

Полынов Б.Б. Время как фактор почвообразования // Изв. Докучаевского почв. комитета. 1916. № 3–4. С. 156–171.

Полынов Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах // Почвоведение. 1945. № 7. С. 327–339.

Пономарева В.В. К познанию гумусово-иллювиального подзолообразовательного процесса // Уч. зап. ЛГУ. Сер. биол.наук. 1951. Вып.27. № 140. С. 30–68.

Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса. М.-Л.: Наука, 1964. 377с.

Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.

Пономарева В.В. Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 222 с.

Почвообразование в техногенных ландшафтах / СО АН СССР, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1979. 206 с.

Почвы европейского северо-востока и их плодородие / В.А. Безносиков, А.А. Бобров, Г.М. Втюрин и др. Л.: Наука, 1989. 189 с.

Природные режимы средней тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1977. 304 с.

Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1985. 250 с.

Роде А.А. Подзолообразовательный процесс. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 454 с.

Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. М.: ОГИЗ, 1947. 143 с.

Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1971. 92 с.

Роде А.А. Факторы почвообразования и почвообразовательный процесс // Генезис почв и современные процессы почвообразования. М.: Наука, 1984. С. 137–146.

Розанов Б.Г., Таргульян В.О., Орлов Д.С. Глобальные тенденции изменения почв и почвенного покрова // Почвоведение. 1989. № 5. С. 5–17.

Рослый И.М. Природа СССР в антропогене. Киев: Вища шк., 1986. 144 с.

Сазонов А.Г. Почвы Кондо-Сосьвинского Приобья // Закономерности формирования элементарных геосистем. Иркутск: Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока, 1978. С. 70–96.

Сазонов А.Г. Особенности почвообразования в среднетаежной подзоне Западной Сибири в голоцене // История развития почв СССР в голоцене. Пущино, 1984а. С. 120–122.

Сазонов А.Г. Пути развития почв таежного Обь-Иртышья // Проблемы использования и охраны почв Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1984б. С. 41–45.

Сазонов А.Г. Принципы лесоводственной оценки почв. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1986. 240 с.

Соколов И.А. Почвообразование и время: поликлимаксность и полигенетичность почв // Почвоведение. 1984. № 2. С. 102–112.

Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1993. 232 с.

Соколов И.А., Градусов Б.П. Подзолистые почвы Средней Сибири и некоторые актуальные вопросы подзолообразования. // Почвоведение. 1989. №12. С. 12–23.

Соколов И.А., Караваева Н.А., Александровский А.Л., Иванов И.В. Эволюция почв: понятия и термины (Опыт разработки) // Эволюция и возраст почв СССР. Пущино, 1986. С. 5–22.

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

Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв // Вопросы географии. М.: Наука, 1977. С. 153–170. Сб. 104: Системные исследования природы.

Сочава В.Б. Географические аспекты сибирской тайги. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1980. 256 с.

Справочник по геохимии / Г.В Войткевич, А.Е. Мирошников, А.С. Поваренных, В.Г. Прохоров. М.: Недра, 1990. 480 с.

Сычева С. А. Почвенно-геоморфологические аспекты формирования культурного слоя древних поселений // Почвоведение. 1994. №3. С. 28–33.

Сычева С. А., Леонова Н.Б., Узянов А.А. Эволюция культурных слоев эпохи голоцена // Изв. АН. Сер. геогр. 2000. № 4. С. 29–37.

Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных и гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.

Таргульян В.О. Развитие почв во времени // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. С. 108–113.

Таргульян В.О., Александровский А.Л. Эволюция почв в голоцене: (Проблемы, факты, гипотезы) // История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976. С. 57–78.

Таргульян В.О., Козловский Ф.И., Караваева Н.А., Александровский А.Л Проблема эволюции почв в докучаевском поч-

воведении // История развития почв СССР в голоцене. Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1984. С. 5–6.

Таргульян В.О., Козловский Ф.И. Некоторые проблемы теории почвообразовательных процессов и эволюции почв // Процессы почвообразования и эволюции почв. М.: Наука, 1985. С. 3–9.

Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент // Математическое моделирование в экологии. М., 1978. С. 17–33.

Таргульян В.О., Соколова Т.А. Почва как биокосная система: «реактор», «память» и регулятор биосферных взаимодействий // Почвоведение. 1996. № 1. С. 34–47.

Тонконогов В.Д. О подзолообразовании на кварцевых песках // Почвоведение. 1969. № 9. С. 57–67.

Трофимук А.А., Николаев С. М. Сибирь. Географические контрасты, геологические особенности, минеральные ресурсы. Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики. СО АН СССР, 1979. 47 с.

Тюрин И.В. Некоторые результаты работ по сравнительному изучению гумуса в почвах СССР // Работы по органическому веществу почвы. М., 1951. С. 22–32. Тр. Почв.ин-т им. В.В. Докучаева; Т. 38.

Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.

Уфимцева К.А. Своеобразие почвенного покрова лесной зоны Западно-Сибирской равнины // Генезис и география почв. М.: Наука, 1966. С. 108–119.

Фаткулин Ф.А. Термодинамические аспекты трансформации гуминовых кислот молодых почв техногенных экосистем // Почвообразование и антропогенез: Структурно-функциональные аспекты. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991. 188 с.

Фирсова В.П., Павлов Б.И. Почвы вдоль трассы железной дороги Ивдель-Обь // Лесные почвы северной тайги Урала

и Зауралья. Свердловск, 1970. С. 88–114. Тр. Ин-т экологии растений и животных УФАН СССР. Вып. 76.

Фирсова В.П., Павлова Т.С. Содержание валовых и подвижных форм NPK в напочвенном покрове, подстилке и в почве северотаежных лесов Урала // Экология. 1971. №1. С. 12–21.

Фирсова В.П., Павлова Т.С. Зольный состав растений северотаежных лесов Урала // Почвоведение, 1975. №3. С. 30–35.

Фирсова В.П., Павлова Т.С. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах. М.: Наука, 1983. 168 с.

Ханты-Мансийский автономный округ: Атлас. М.:ГУГиК, 1980.

Хмелинин И.Н. Фосфор в подзолистых почвах и процессы трансформации его соединений. Л.: Наука, 1984. 151 с.

Чемякин Ю.П. Городища Барсов городок I/13 и I/14 // Проблемы западно-сибирской археологии. Эпоха железа. Новосибирск: СО Наука, 1981. С. 62–69.

Чемякин Ю.П. Сургутское Приобье в эпохи бронзы и раннего железа // Культурные и хозяйственные традиции народов Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во НГПИ, 1989. С. 60–74.

Чемякин Ю.П. Археологический комплекс Барсова гора: история изучения и его значение // Сургут. Сибирь. Россия. Междунар. науч.-практ. конф.: Доклады и сообщения. Екатеринбург, 1995. С. 20–29.

Чемякин Ю.П. Новые исследования городища Барсов городок I/10 // Вторые Уральские историко-педагогические чтения. Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, Банк культурной информации, 1998. С. 9–15.

Чеха В.П. Геолого-геоморфологический анализ понятия «Культурный слой» // Методы естественных наук в археологических реконструкциях: Сб. науч. тр. Новосибирск, 1995. С. 80–83.

Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. М.: Наука, 1992. 184 с.

Aleksandrovskaya Ye.I., Aleksandrovskii A.L. Accumulation of anthropogenic substances in the soils and cultural layer of Moscow in the 12–19th centuries // Problems of antropogenic soil formation. Moscow, 1997. Vol. 4. P. 13–16.

Bakkevig S. Results obtained in the field by the use of phosphate spot test in Norway, and the cost and utility compared to other methods // Revue d'Archeometrie. 1981. № 5. P. 81–88.

Buck C.E., Canavagh W.G. Litton C.D. Tools for interpretation of soil phosphate data from archaeological surveys // Geoprospection in the Archaeological Landscape. 1992. P. 75–87.

Keeley H.C.M. Recent work using soil phosphorus analysis in archaeological prospection // Revue d'Archeometrie. 1981. № 5. P. 89–95.

Leland H. Gile Soils of an ancient basin floor near Las Cruces, New Mexico // Soil Science. 1967. V. 103. No. 4. P. 265–276.

McCawley C., McKerrell H. Soil phosphorus levels at archaeological sites // Proceedings of Socity of Antiquaries of Scotland., 1971–2. V. 104. P.301–306.

Singleton G. A., Lavkulich L.V. A soil chronosequence on beach sands, Vancouver Island, British Columbia // Can. J. Soil Science, 1987. V. 67. N 4. P. 795–810.

Walker R. Phosphate Survey: Methods and Meaning // Geoprospection in the Archaeological Landscape. 1992. P. 61–73.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПОЧВ 7

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 21
2.1. Методологический подход при выборе объектов 21
2.2. Общая характеристика объектов 23
2.3. Методы изучения почв 26

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ 28
3.1. Физико-географическая характеристика района исследования 28
3.2. Природные условия и почвообразование на территории среднетаежной подзоны Западной Сибири в голоцене 35

Глава 4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИИ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ 42

Глава 5. АНТРОПОГЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОЧВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ 49
5.1. Нарушения почв в связи с образом жизни населения 49
5.2. Особенности почв археологических памятников 53

Глава 6. РАЗВИТИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ 79
6.1. Морфология почв 79
6.2. Химические свойства разновозрастных почв 98
6.3. Валовой состав почв 151
6.4. Гранулометрический состав почв 186
6.5. Органическое вещество почв 199

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 246

ЛИТЕРАТУРА 249

Научное издание

Махонина Галина Ивановна
Коркина Ирина Николаевна

ФОРМИРОВАНИЕ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКАХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Редактор: *К. Ушакова*
Технический редактор: *Н. Гощицкий*
Компьютерная верстка: *И. Головачёв*

ЛР № 071852 от 30.04.99 г.

Подписано в печать 16.12.2002 г. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$.
Бумага писчая. Гарнитура Academy. Печать офсетная.
Печатных листов 16,5. Тираж 300 экз. Заказ № 808
Цена договорная.

Издательство «Академкнига»
620034, Екатеринбург, ул. Толедова, 43а.

Отпечатано с оригинал-макета в АО «Полиграфист»
620151 г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 20.

Заказы направлять по адресу:
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202, ИЭРиЖ УрО РАН.