

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4(571.54)

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВ В БЛИЖАЙШЕЙ ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КУЧИГЕРСКИХ ГИДРОТЕРМ (БАРГУЗИНСКАЯ КОТЛОВИНА)

© 2019 г. Н. Б. Хитров^{а, *}, В. Л. Убугунов^б, В. И. Убугунова^б, Ю. А. Рупышев^б, Т. А. Аюшина^б,
А. Д. Жамбалова^б, Э. Г. Цыремпилов^б, А. Е. Парамонова^б, Ц. Н. Насатуева^б

^аПочвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

^бИнститут общей и экспериментальной биологии СО РАН, ул. Сахьяновой, 6, Улан-Удэ, 670037 Россия

*e-mail: khitrovn@gmail.com

Поступила в редакцию 21.12.2018 г.

После доработки 15.04.2019 г.

Принята к публикации 15.05.2019 г.

Представлены первичные сведения о специфичной морфологии и физико-химических свойствах почв, формирующихся в зоне активной разгрузки восходящих растворов глубинных термальных вод Кучигерского источника фтористого сероводородного гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого типа. Объектом исследования является почвенный покров вдоль трансекты, пересекающей болотный массив с активными газогидротермальными грифонами, остров среди болота и прилегающий край аллювиальной равнины в северо-западной части Баргузинской котловины возле д. Кучигер Курумканского района республики Бурятия. Отмечены особенности торфянисто-перегнойно-глеевых почв (Eutric Rheic Sapric Histosol (Fluvisol, Sodic)) в болотном массиве. Отмечаются яркие признаки турбированности профиля слабозрелых и аллювиальных почв (Eutric Sodic Gleyic Fluvisol (Epiloamic, Endoarenic, Humic)) и грунтов под воздействием восходящих газогидротермальных флюидов, пропитки (импрегнирования) конденсированным органическим веществом разных минеральных и органогенных горизонтов. Такие признаки не описаны в международной и российской почвенных классификациях. Предложено ввести специальные обозначения для таких признаков: *impr* – признак разной степени импрегнирования; *int* – интрузивный материал; *IMP* – черный органо-импрегнированный песчано-пылеватый горизонт. На их основе появляется возможность выделить импрегнированные, газогидротермально турбированные подтипы. Предложены гипотезы генезиса почв на всей трансекте и возникновения островов в болоте.

Ключевые слова: Байкальская рифтовая зона, газо-гидротермальные флюиды, морфология почв, импрегнирование органическим веществом, классификация почв, сероводород, пирит, засоление почв

DOI: 10.1134/S0032180X19120074

ВВЕДЕНИЕ

Мощными факторами, определяющими формирование почвенного покрова в зоне активного рифтогенеза, являются вулканизм, неотектоника, землетрясения, геохимическое концентрирование веществ, поступающих с подземными газами и напорными глубинными минерализованными водами [6, 8, 14, 16, 44, 49]. Основные закономерности влияния эндогенных факторов на формирование почв установлены для Камчатки [8, 9, 11, 12, 18, 28, 30, 31], Исландии [6], Новой Зеландии [42, 46], США [50, 51]. В зависимости от интенсивности и длительности этих процессов происходит либо трансформация отдельных свойств почв без существенной перестройки их морфологического облика и строения, либо коренное преобразование механизмов формирования почв, приводящее к образованию новых почвенных тел с уникальным сочетанием морфологических, минералогических,

физико-химических и химических особенностей, не свойственных зональному типу почвообразования [8, 9]. Контрастность и динамичность условий почвообразования приводят к диссонансному сочетанию почвенных свойств [14].

Результатом тектонической активности является также геохимическое своеобразие ландшафтов, которое отмечается в Байкальской рифтовой зоне [29, 32]. За счет поступления на поверхность глубинного тепла и некоторых элементов, содержащихся в водах и газах в зонах разломов, в этих местах формируются своеобразные локальные экологические ниши с генофондом реликтовых растений и животных [2, 4, 19, 24, 35], специфические микробные сообщества (маты) [23].

До настоящего времени влияние эндогенеза на почвообразование в пределах внутриконтинентальной Байкальской рифтовой зоны практически не рассматривалось. Имеются лишь материа-

лы о связи засоления почв северо-западной части Баргузинской котловины с выклиниванием минерализованных вод зон разломов [10, 36–40].

Целью настоящего сообщения является представление первичных сведений о специфичной морфологии и физико-химических свойствах почв, формирующихся в зоне активной разгрузки восходящих растворов глубинных термальных вод Кучигерского источника фтористого сероводородного гидрокарбонатно-сульфатно-натриевого типа.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в северной части Баргузинской котловины (рис. 1), являющейся крупнейшей сухоходольной впадиной Байкальской рифтовой зоны. Часть котловины – сейсмически активная и характеризуется максимальным тепловым потоком [7, 21], густой сетью тектонических разломов, областью проявления грязевого вулканизма [33, 34], самопроизвольным выходом свободных газов [13, 22, 44] и разгрузкой термальных источников кульдурского типа [42].

Среди дизъюнктивных нарушений наиболее крупным является Дыренский разлом. Он представляет собой северо-восточное окончание Баргузинского глубинного разлома, отделяет Баргузинский хребет от Улюнханской впадины. Протяженность разлома составляет 35 км [20]. Разлом хорошо выражен в рельефе, по нему заложены русла поверхностных водотоков.

Исследования выполнены возле д. Кучигер Курумканского района Республики Бурятия. Кучигерский (на некоторых картах он называется Дыренским) источник термальных вод разгружается в западной части Улюнханской котловины в болотный массив. Разгрузка терм происходит в рыхлые, пылевато-песчаные отложения на площади примерно 200×500 м. Источники термальных вод вытянуты цепочкой в 25–30 м к востоку от русла ручья, являющегося правым притоком р. Индихэн [42]. Сравнительно рядом друг с другом находится семь выходов термальных вод, над которыми сооружены бревенчатые избы “бани”, используемые местным населением в бальнеологических целях. Вода имеет сильный запах сероводорода; температура колеблется от 12 до 32–42°C (от холодных до теплых и очень горячих), общий дебит составляет 10–11 л/с [41]. Термальные воды имеют минерализацию 0.39–0.42 г/л, рН 9.8–9.9, среди катионов абсолютно доминирует натрий (4–5 ммоль/л), кальция и магния очень мало (1–2.3 и 0–0.1 мг/л соответственно), среди анионов – преобладают гидрокарбонаты (1.2–1.3 ммоль(экв)/л) и сульфаты (1.5–1.6 ммоль(экв)/л), концентрация хлоридов (0.5–1 ммоль/л) невысокая, характерно повышенное

содержание кремнезема (80.8–81.2 мг/л) и фторидов (10.9–12.0 мг/л) [25].

Термы Кучигерских источников относятся к азотному типу по газовому составу [13]. Помимо молекулярного азота, доля которого составляет более 80%, газовые выделения содержат метан, углекислый газ (0.15–1%).

Ручей протекает по заболоченной слабовогнутой поверхности над Дыренским разломом, вытянутой вдоль Баргузинского хребта. С западной стороны болотный массив ограничен шлейфом делювиальных отложений, круто поднимающимся в сторону Баргузинского хребта, с восточной стороны – полого поднимающейся аллювиальной равниной, прорезанной узкой долиной р. Индихэн.

По почвенно-географическому районированию [27] на этой территории в средних уровнях аллювиально-озерно-эоловой равнины выделены дерновые лесные боровые, дерново-глеевые почвы, в поймах рек луговые и лугово-болотные; в низких уровнях – луговые карбонатные, лугово-болотные и перегнойно- и торфянисто-глеевые почвы. Фактических данных о морфологии и свойствах почв в имеющихся по району исследований публикациях не приводится. Для северо-западного сегмента имеются материалы о засоленных почвах, не типичных для этого района [10, 37].

Растительный покров гидротермального урочища “Кучигер” неоднороден по высотному градиенту и уровню грунтовых вод. На наиболее возвышенных участках вблизи р. Индихэн располагаются остепненные луга. Понижения, находящиеся вдоль безымянного ручья с запада от д. Кучигер, занимают болота и заболоченные солонцеватые луга, ограниченные зарослями ивы крушинолистной.

Объектом исследования явились почвы, формирующиеся в зоне разлома с активным выходом термальных вод, которые разгружаются в болото. В статье представлены почвы вдоль почвенно-геоморфологической катены РФ-1. Катена имеет субширотное направление, начинается в 80–90 м восточнее от области с активными грифонами, включает восточную часть болотного массива, пересекает вытянутый островок в болоте и прилегающую к болоту прибрежную часть аллювиальной равнины. Протяженность катены 145 м, перепад высот не превышал 80 см относительно уреза воды в болоте (рис. 1, А, 1, В, 1, Г).

Траншея РФ-1-8 (54°52'54.9" N, 111°00'08.9" E) охватывает переход от болота к возвышенной части острова вдоль сравнительно крутого короткого склона западного берега острова среди болота. Разр. РФ-1-4 (54°52'54.8" N; 111°00'08.6" E) заложен в 5–7 м от восточного конца траншеи РФ-1-8 на относительно выровненном возвышенном участке вытянутого острова среди болота. Разр. РФ-1-1

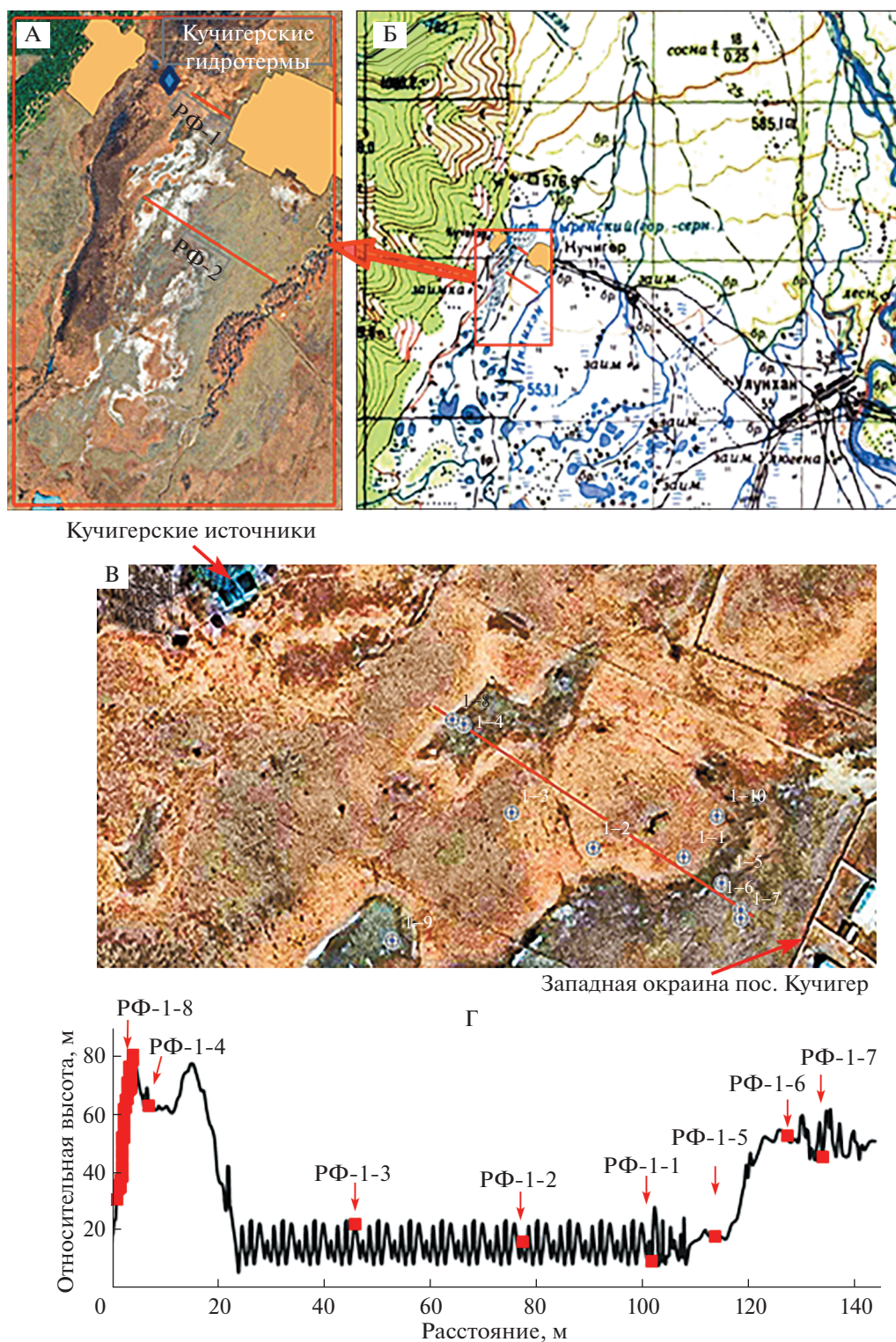


Рис. 1. Положение транsekты РФ-1 на космическом снимке (А) и топографический профиль катены РФ-1 с положением почвенных разрезов.

(54°52'53.3" N; 111°00'13.2" E), РФ-1-2 (54°52'53.7" N; 111°00'11.4" E) и РФ-1-3 (54°52'53.8" N; 111°00'9.6" E) характеризуют болотные почвы между вытянутым островом и восточ-

ным берегом болота. Разр. РФ-1-5 (54°52'53.1" N; 111°00'13.9" E) расположен в узкой переходной полосе между болотом и аллювиальной равниной. К моменту исследования поверхность почвы

в этой полосе была сухая, но после сильных дождей она затопляется водой слоем до 10–15 см. Разр. РФ-1-6 (54°52'52.7" N; 111°00'14.2" E) представляет почву на приподнятой слабобугристой части аллювиальной равнины с остепненно-луговой растительностью в 17 м от берега болота. Разр. РФ-1-7 (54°52'52.5" N; 111°00'14.4" E) заложен выше по склону на слабоогнутой поверхности с мелкобугристым микрорельефом.

Морфологическое описание почвенных профилей выполняли с использованием известных руководств [17, 45]. Вместе с тем почвы отличались очень необычным строением, которое невозможно адекватно описать только с помощью указанных руководств. Потребовалось сформулировать критерии выделения специфических морфологических признаков, наблюдавшихся в исследованных почвах.

Название почв по возможности даны в соответствии с Классификацией почв России [15], Полевым определителем почв России [26] и международной классификацией почв WRB-2014 (update 2015) [48]. Для более приближенного к реальной обстановке восприятия нами предложены дополнительные названия почв, не входящие в действующие классификационные системы.

Географические координаты всех объектов исследования регистрировали с помощью приемников GPS. Относительное гипсометрическое положение объектов получено на основе нивелирного хода. Измерение расстояний между точками осуществляли геодезическими металлическими мерными лентами.

В болотных водах в полевых условиях измеряли удельную электропроводность и температуру кондуктометром КП-001 или СОМ-100. В полустационарной полевой лаборатории измеряли в 2–3-кратной повторности рН, активность фторидов, хлоридов, ионов натрия и кальция ионоселективными электродами ЭЛИС на регистрирующем иономере Экотест-120 в водах и в пастах из образцов почв и грунтов, увлажненных до 30 мас. % дистиллированной водой.

Определение органического углерода выполняли методом мокрого сжигания по Тюрину, содержание карбонатов — газовольметрически, состав легкорастворимых солей — в водной вытяжке 1 : 5, гранулометрический состав — методом Кашинского [1, 3, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим состав растительных сообществ и морфологические особенности почв вдоль катены, начиная с ее западного конца, наиболее близко расположенного к активным грифонам гидротермальных источников, далее через островок

среди болота, восточную часть болота и заканчивая прибрежной частью аллювиальной равнины.

Траншея РФ-1-8 (рис. 2, А) начинается от края кочкарного болота с растительным сообществом *Phragmites australis* — *Potentilla anserina* (РФ-1-8а). Это сообщество включает 5 видов растений преимущественно из группы разнотравья, что является обычным для северных болот (табл. 1). Наличие в экологических группах водно-болотных и луговых гигрофитов указывает на стабильность водного режима экосистемы (табл. 2). Биоморфологический спектр представлен длинно- и короткокорневищными видами.

Под таким сообществом сформировалась торфянисто-перегнойно-глеевая почва (Eutric Rheic Sapric Histosol (Fluvis, Sodic)), имеющая профиль ТЕ(0–14 см)–Н(14–64 см)–G(64–80+ см) (рис. 2, Б, расстояние от 0 до 0.5–0.9 м вдоль траншеи). Поверхность почвы представлена чередованием торфяных кочек, имеющих высоту 10–15 см и горизонтальный размер 30–40 см, и мочажин между ними. Кочки сложены эутрофным торфом (гор. ТЕ), пронизанным корневищами тростника (рис. 2, В). Торф имеет нейтральную реакцию среды (рН 6.7) и слабое сульфатно-натриевое засоление: активность ионов натрия около 28 ммоль/л при отсутствии хлоридов (0.7 ммоль/л) (табл. 3). В основании кочки лежит сплошной полностью обводненный, черный, мажущийся перегнойный гор. Н с запахом сероводорода, состоящий из сильноразложившихся растительных остатков, потерявших анатомическое строение. В нем также много корневищ тростника (рис. 2, Г). Мощность гор. Н составляла 50 см. Гор. Н имеет кислую реакцию среды (рН 5.1) при фоновой активности ионов натрия 5–6 ммоль/л, характерной для термальных источников. Суммарная мощность органогенных гор. ТЕ + Н варьировала в пределах 64–70 см. Глубже залегал незасоленный (активность ионов натрия 10–13 ммоль/л) сизый глеевый гор. G из чередующихся слоев песчаного и супесчаного гранулометрического состава, в верхней части которого наблюдались разводы от потечных форм органических веществ. В нем реакция среды слабокислая (рН 6.1).

После кочкарной части болота, которая была вскрыта траншеей РФ-1-8 на протяжении около 1 м, следовал сравнительно крутой склон острова среди болота с сообществом *Artemisia vulgaris* — *Potentilla anserina* (РФ-1-8), состоящим из 13 видов растений с преобладанием разнотравья. Доминирование полыни обыкновенной указывает на возможное антропогенное влияние, а лапчатка гусиной — на дигрессионные процессы, связанные с выпасом скота. В экологическом спектре участвуют все группы, что свидетельствует об изменениях водного режима экосистемы при отсутствии засухи (значительное участие мезофи-

тов и отсутствие ксеромезофитов). В эколого-ценотической структуре присутствуют растения азонального, степного и лесного комплексов при доминировании луговых видов. Среди биоморф ведущие позиции занимают длиннокорневищные и стержнекорневые травы.

В самой нижней части склона возле болота торфяной горизонт резко уменьшает свою мощность до 3–5 см и выклинивается на расстоянии 1.6 м вдоль траншеи. Под ним расположен перегнойный горизонт, состоящий из двух подгор. Н2 и Н3ох, имеющих слабокислую реакцию среды (рН 6.2–6.4). Оба имеют более плотное тонкослоистое сложение за счет более низкой влажности по сравнению с гор. Н, находящимся под водой. Гор. Н2 расположен выше уровня воды в болоте, имеет темно-бурую, почти черную окраску (2.5Y 3/2), представлен спрессованными сильно разложившимися растительными остатками (рис. 2, Д). Гор. Н3ох тоже темно-бурый, но чуть светлее (10YR 3/3). В нем появляются редкие песчаные зерна и ржаво-бурые разводы пленок гидроксидов железа (рис. 2, Е). Гор. Н3ох не имеет полного насыщения водой, хотя его влажность высокая. Он резко переходит в слоистый крупнозернистый песчаный гор. Сох с обильными желтыми пленками гидроксидов железа на песчаных зернах. Глубже 75 см начинается сизый глеевый гор. Г. На этом участке почва перегнойно-глеевая окисленно-глеевая песчаная незасоленная (Eutric Rheic Sapric Histosol (Fluvic, Sodic)). Суммарная мощность органогенных гор. Т + Н2 + Н3ох составляет 48–51 см, верхняя граница минеральной массы приподнята на 13–25 см относительно ее положения в болоте, при этом граница собственно глеевого гор. Г остается на той же высоте, как и в болоте.

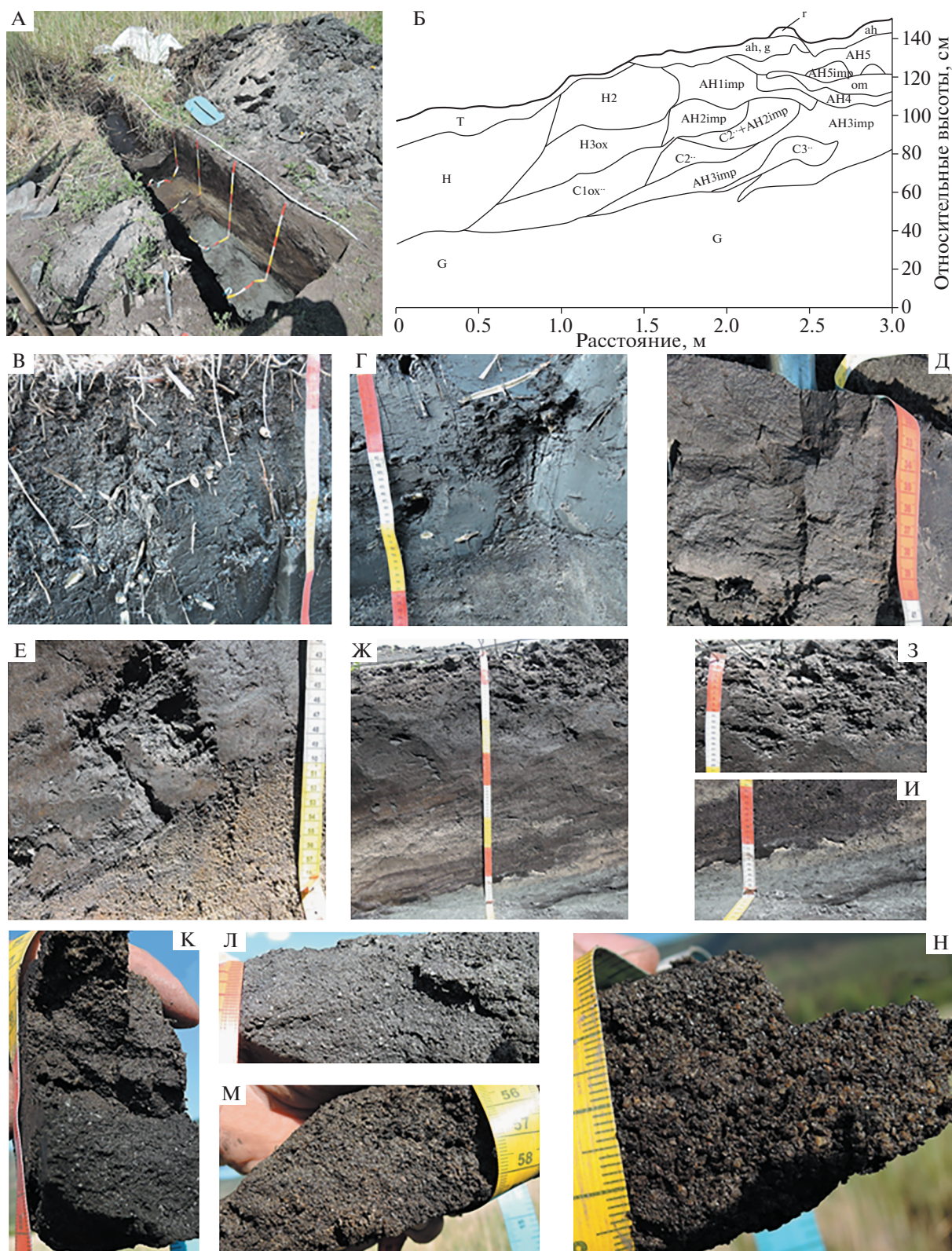
В средней части склона (расстояние 1.7–2.3 м вдоль траншеи), поверхность которой на 20–40 см выше уровня воды в болоте, перегнойный горизонт сменяется перегнойно-гумусовым гор. АН (рис. 2, Б, 2, Ж, 2, 3, 2, И). Возле поверхности выделен малоомощный (5–9 см) слой, обозначенный малым индексом ah, представляющий собой сравнительно рыхлую смесь песка и фрагментов органического материала из растительных остатков раз-

ной степени разложения бурого цвета (во влажном состоянии почти черный 2.5Y 2.5/1, при высыхании становится бурый 10YR 3/3) с кислой реакцией среды (рН 5.8) и наличием слабого засоления (активность ионов натрия достигает 50–53 ммоль/л при влажности 30%). Глубже гор. АН1имр имеет темно-бурый цвет (2.5Y 3/1 влажно, 10YR 3/2 сух), слоистое сложение песка и сильно разложенного органического вещества. При высыхании имеет блочное строение. Вниз по профилю он постепенно светлеет и переходит в отчетливо бурый (10YR 3/3) гор. АН2имр с более заметной долей песка, включая белесые тонкие прослойки песка с отмытыми от пленок зернами. Для обоих гор. АН1имр и АН2имр характерны тонкие черные пленки конденсированных органических веществ (признак имр) на боковых гранях блочных отдельностей и вдоль напластований (рис. 2, К, 2, Л, 2, М, 2, Н), нейтральная реакция среды (рН 6.6–7.2) и отсутствие формального критерия засоления: активность ионов натрия (a_{Na}) варьирует от 3 до 10 ммоль/л.

Нижняя часть профиля отличается ярко выраженным чередованием наклонных слоистых морфонов-линз C2 + АН2имр, C2, C3, АН3имр. Они все имеют общий подъем под углом около 20° от болота в сторону острова. Морфоны преимущественно песчаные с разным содержанием органического вещества, незасоленные (a_{Na} 2–3 ммоль/л) и с нейтральной реакцией среды (рН 6.6–7.2). Непосредственно над верхней границей гор. Г встречаются даже остатки перегнойного горизонта в виде однородных темных пятен, также ориентированных в указанном направлении (рис. 2, Ж, 2, 3). Морфоны C2 и C3 представлены палевым песком разной крупности. Внутри них встречаются редкие темные полоски за счет прокраски органическим веществом. Для морфонов C2 + АН2имр и АН3имр, напротив, характерна фоновая бурая окраска за счет органического вещества разной степени разложения, которая нарушается многочисленными светлыми прослойками песчаных частиц.

В верхней части склон завершается небольшим прерывистым валиком, лишенным растительности. Гребень вала представлен пылеватым пористым материалом выдавленного на поверх-

Рис. 2. Траншея РФ-1-8. А — внешний вид; Б — строение почв вдоль траншеи; В — гор. ТЕ и Н (расстояние 0.2–0.5 м по траншее); Г — гор. Н и Г (расстояние 0.4–0.6 м); Д — гор. Н2 (расстояние 1.5 м); Е — гор. Н3ох и Сох (расстояние 1.5 м по траншее); Ж, 3, И — вертикальная мерная лента размещена на расстоянии 2 м от западного края траншеи: Ж — почвенный профиль; 3 — гор. ah и АН1имр; И — гор. АН3имр, C3 и Г; К, Л, М, Н — морфон АН2имр (расстояние 2 м, глубина 55–65 см); К — вертикальный разлом блока; Л, М, Н — нижние поверхности, по которым расслаивается блок при горизонтальном разломе; О, П, Р, С — гребень выдавленного материала на острове среди болота: О — вид сбоку; П — вид сверху; Р, С — пористое строение выдавленного материала; Т — правая стенка, структура выдавливания материала на поверхности — восходящая дуга от точки с глубины 30 см на расстоянии 2.1 м к центру светлого материала на поверхности почвы на расстоянии 2.25 м вдоль траншеи от болота; У, Ф — импрегнированные пленки конденсированного органического вещества на гранях песчаных блоков (расстояние 3 м вдоль траншеи, глубина 40–50 см); Х — левая стенка, вертикальная лента повешена на расстоянии 2.5 м от начала траншеи, темная линза на глубине 20–24 см — высохшая толстая линза, пропитанная конденсированным органическим веществом (на рис. Б она обозначена индексом om).



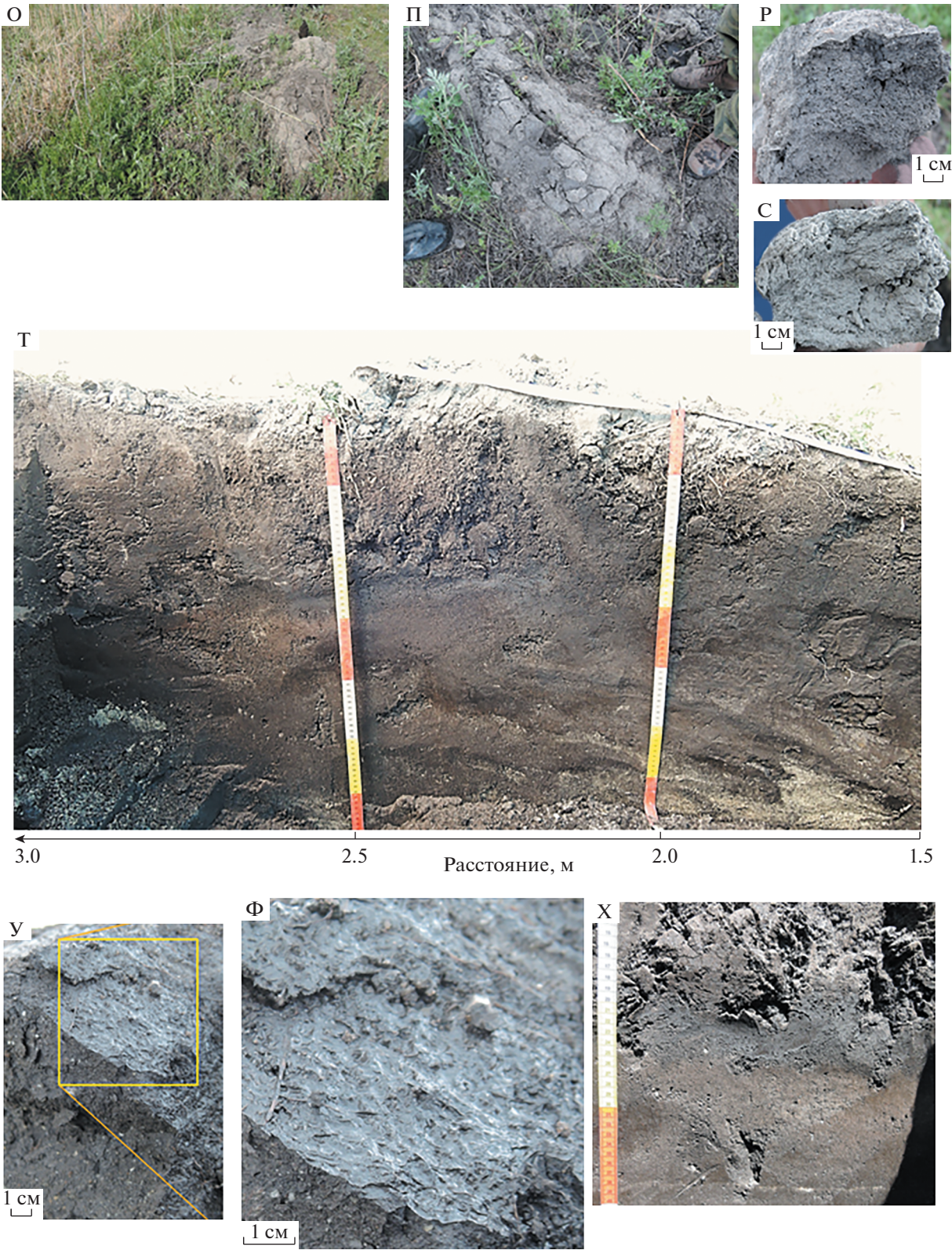


Рис. 2. (Окончание)

Таблица 1. Характеристика растительных сообществ гидротермального урочища “Кучигер” (последовательность номеров пробных площадей (ПП) соответствует относительному их положению на трансекте)

№ ПП	Сообщество	ОПП*, %	Число видов	Состав				Доминанты
				злаки	бобовые	осоки	разно-травье	
РФ-1-8а	Южнотростниково-густинолапчатковое	73	5	1	1		3	<i>Phragmites australis</i> , <i>Potentilla anserina</i>
РФ-1-8	Обыкновеннопыльно-густинолапчатковое	82	13	3	2	1	7	<i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Potentilla anserina</i>
РФ-1-4	Укрополистнопыльно-китайскоколосняковое	44	13	5	1	1	6	<i>Artemisia anethifolia</i> , <i>Leymus chinensis</i>
РФ-1-1	Ползучеосоковое	90	17	2	1	5	9	<i>Carex reptabunda</i>
РФ-1-5	Густинолапчатково-ползучеосоковое	82	17	2	1	5	9	<i>Carex reptabunda</i> , <i>Potentilla anserina</i>
РФ-1-6	Китайскоколосняково-твердоватоосоковое	42	12	4		1	7	<i>Leymus chinensis</i> , <i>Carex duriuscula</i>
РФ-1-7	Китайскоколосняково-твердоватоосоковое	40	12	4		1	7	<i>Leymus chinensis</i> , <i>Carex duriuscula</i>

* ОПП – общее проективное покрытие.

Таблица 2. Экологический состав растений пробных площадок гидротермального урочища “Кучигер” (прочерк – отсутствие видов)

Общая категория групп	Группа	Число видов на разных пробных площадях*, шт.						
		РФ-1-8а	РФ-1-8	РФ-1-4	РФ-1-1	РФ-1-5	РФ-1-6	РФ-1-7
Экологические группы	Г	1	1	1	2	2	—	—
	МГ	2	1	2	4	4	1	1
	ГМ	—	1	1	3	3	1	1
	М	1	6	3	8	8	5	5
	МК	1	1	1	—	—	—	—
	КМ	—	—	1	—	—	2	2
	К	—	3	4	—	—	3	3
Поясно-зональные группы	ЛГ	2	5	4	13	13	6	6
	ВБ	2	1	—	4	4	—	—
	АД	—	1	2	—	—	—	—
	ГС	—	1	—	—	—	—	—
	ЛС	1	—	2	—	—	2	2
	СС	—	3	4	—	—	3	3
	СХ	—	2	1	—	—	1	1
Биоморфологические группы	Р/к	—	2	2	2	2	3	3
	М/о	—	2	2	—	—	1	1
	Дл/к	2	4	5	7	5	4	4
	Пл/к	—	—	1	—	—	—	—
	К/к	2	1	1	7	7	2	2
	Ст/к	—	3	—	1	1	2	2
	Н/б	1	1	2	—	2	—	—

* Последовательность номеров пробных площадей соответствует их относительному положению на трансекте.

Примечание. Экологическая группа: Г – гигрофит; МГ – мезогигрофит; ГМ – гигромезофит; М – мезофит; МК – мезоксерофит; КМ – ксеромезофит; К – ксерофит. Поясно-зональная группа: ЛГ – луговая; ВБ – водно-болотная; АД – сорная; ГС – горностепная; ЛС – лесостепная; СС – собственно степная; СХ – светлехвойная. Биоморфологическая группа: Р/к – трава рыхлокустовая; М/о – трава монокарпик; Дл/к – трава длиннокорневищная; Пл/к – трава плотнокустовая; К/к – трава короткокорневищная; Ст/к – трава стержнекорневая; Н/б – биоморфа не установлена.

Таблица 3. Траншея РФ-1-8. Активности ионов и pH, измеренные в пастах с влажностью 30% (горизонтальными линиями разделены пять условных вертикальных профилей, см. рис. 2, Б)

Длина вдоль траншеи, см	Глубина, см	Горизонт	pH	Активность ионов (в жидкой фазе пасты с влажностью 30%), ммоль/л				$a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$
				F ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	
10	0–20	TE	6.67	0.76	0.69	27.54	0.054	118.5
20	40–60	H	5.13	0.20	0.16	5.13	0.032	28.7
20	80–90	G	6.12	0.31	0.15	12.88	0.020	91.1
150	15–25	H2	6.18	0.98	0.52	7.59	0.047	35.0
120	35–40	H3ox	6.40	0.78	0.81	11.48	0.132	31.6
120	53–63	C1ox ^{..}	5.92	0.62	0.63	6.92	0.138	18.6
180	10–20	АН1imp	6.87	0.85	0.31	9.33	0.018	69.5
180	30–40	АН2imp	6.62	0.65	0.39	10.23	0.013	89.7
170	50–55	C1ox ^{..}	6.61	0.78	0.18	2.19	0.006	28.3
230	0–5	ah,g	5.77	0.74	2.63	51.29	0.263	100.0
220	40–50	C2+АН2imp	7.20	0.47	0.32	2.82	0.003	51.5
230	50–55	C3 ^{..}	7.21	0.89	0.44	3.63	0.002	81.2
290	0–8	ah	5.33	0.17	2.00	12.88	0.195	29.2
285	10–20	АН5	5.77	0.93	0.45	26.92	0.148	70.0
290	24–29	АН5imp	6.80	1.10	0.12	36.31	0.186	84.2
295	30–34	om	7.00	0.79	0.12	21.38	0.263	41.7
265	32–38	АН4	7.49	1.62	1.26	12.88	0.005	182.2
290	42–68	АН3imp	7.40	0.76	0.50	10.72	0.010	107.2
290	80–93	G	9.99	0.56	0.63	14.79	0.068	56.7

ность минерального вещества и имеет продольную трещину (рис. 2, О, 2, П, 2, Р, 2, С). Материал легко рассыпается в пыль при раздавливании пальцами. В гранулометрическом составе 42% представлено песчаной фракцией, 50% – пылеватой и 8% – илом. Реакция среды нейтральная (pH 7.0), в нем отмечается среднее засоление (a_{Na} 60–65 ммоль/л, a_{Cl} 6–7 ммоль/л). На схеме строения почвенного профиля (рис. 2, Б) выдавленный материал обозначен индексом г.

На противоположной стенке траншеи удалось сделать вертикальный поперечный срез через гребень выдавленного материала, на котором наблюдается восходящая дугообразная структура, начинающаяся на глубине около 30 см на расстоянии 2.1 м от начала траншеи в болоте и заканчивающаяся в центре гребня возле поверхности (рис. 2, Т).

Почвенный профиль верхней части склона (расстояние 2.3–3 м вдоль траншеи) отличается постепенным ослаблением внедряемых снизу языков песчаного материала со стороны болота и увеличением доли горизонтов преимущественно темно-бурой и черной окраски, связанной с пропиткой конденсированными органическими соединениями: морфоны АН3imp, АН4, АН5imp, АН5, om. Интенсивность пропитки здесь максимальная. Она проявляется в двух морфологических формах: (1) тонкие (<1 мм) черные блестящие пленки на гранях связанных песчаных блоков (рис. 2, У, 2, Ф) и (2) толстые (от 2–3 до 4–7 см)

удлиненные линзы черной вязкой и тягучей органической массы, прилипающей к рукам во влажном состоянии, твердеющей и растрескивающейся при высыхании и обратимо быстро переходящей в тягучее состояние при повторном увлажнении (рис. 2, Х). Состав такой массы предполагается исследовать в ближайшем будущем. Содержание органического углерода в импрегнированных песчаных горизонтах достигает 1–3.5%, что не характерно для аллювиальных песчаных почв Баргузинской котловины.

Поверхностные морфоны ah и АН5 имеют кислую реакцию среды (pH 5.3–5.8) и слабое засоление (a_{Na} 20–27 ммоль/л). На глубине 20–35 см в морфонах АН5imp, om реакция среды становится нейтральной (pH 6.8–7.0) при сохранении слабого засоления (a_{Na} 21–37 ммоль/л), еще глубже морфоны АН4 и АН3imp становятся формально незасоленными (a_{Na} 10–13 ммоль/л) с слабощелочной реакцией среды, а глеевый гор. G является сильнощелочным (pH 10).

Для почвы верхней части склона можно предложить следующее название (в классификациях почв СССР, России и в WRB-2015 признаки, характеризующие специфику этой почвы, отсутствуют): перегнойно-гумусовая глеевая импрегнированная песчаная солончаковая поверхностно слабозасоленная (Eutric Sodic Protosalic Fluvisol Gleyic Cambisol (Siltic, Colluvic, Drainic, Humic)).

Разр. РФ-1-4 характеризует почву на выровненной повышенной части вытянутого острова с остепненно-луговой растительностью среди болота. Уровень грунтовых вод — 105 см. На поверхности почвы обнаружено несколько крупных камней размерами 10×10 и 5×10 см.

В сообществе *Artemisia anethifolia* — *Leymus chinensis* отмечено 14 видов растений, среди которых преобладает разнотравье со значительным участием злаков. Сообщество имеет низкое проективное покрытие. В экологическом составе встречаются все группы по фактору влажности — гигриды, мезиды и ксериды, что свидетельствует о неустойчивости водного режима в экосистеме, а большая доля ксерофитов — о значительном влиянии сухих периодов. Равное и значительное участие в составе травостоя луговых и собственно степных видов, а также наличие сорных растений, может косвенно подтверждать нестабильность экологических условий. В биоморфологическом спектре доминирует группа длиннокорневищных трав, для которых характерны жизненные стратегии с различными способами самоподдержания и адаптации к экстремальным условиям среды.

Почва — псаммозем гумусовый импрегнированный солончаковатый слабозасоленный на погребенной песчаной органо-импрегнированной глеевой толще (Eutric Sodic Gleyic Arenosol (Humic)) (рис. 3).

W, 0–1.5 см, гумусово-слаборазвитый буроватый песчаный горизонт, представляющий смесь песчаных частиц с мелкими фрагментами растительных остатков разной степени разложения, спорадически пронизанный корневыми системами травянистых растений. Температура слоя 19.2°C . Горизонт незасоленный ($a_{\text{Na}} 5\text{--}6$ ммоль/л), слабощелочной (pH 8.3) (табл. 4). Переход выражен по цвету, обилию растительных остатков, граница в основном ровная с редкими карманами под куртинами растений.

AC, 1.5–3(7) см. Белесый (10YR 7/1 сух, 10YR 6(5)/1 влаж), средний и крупный песок, сухой, сыпучий, рыхлый, не вскипает от HCl, имеет сильнощелочную реакцию среды (pH 9.1), температура 20.3°C , пронизан корнями и корневищами травянистых растений, без образования дернины. Переход ясный по цвету, влажности.

ACimp, 3(7)–40(41) см, песчаный горизонт, состоящий из нескольких заметно отличающихся морфонов, сменяющих друг друга в горизонтальном направлении. Рыхлые увлажненные незасоленные ($a_{\text{Na}} 7\text{--}10$ ммоль/л) морфоны крупнозернистого песка (доля песчаной фракции составляет 92%, в составе которой 65% представлено средним и крупным песком) неоднородно окрашены: основной фон светло-оливково-бурый (2.5Y 6/3 и 5/3) с многочисленными темно-серыми вертикальными узкими полосами конденсиро-

ванных органических соединений (индекс imp), встречаются редкие корни, не вскипает от HCl, реакция среды нейтральная (pH 7.4). Твердые высохшие морфоны представлены прочными (руками не разломить, можно только расколоть лопатой) блоками размером 10–12 см по горизонтали и высотой 10–15 см в верхней части слоя. При увлажнении блоки теряют прочность, легко раздавливаются руками и режутся ножом. Внешние грани блоков имеют черные пленки предположительно конденсированных органических соединений (индекс imp) (рис. 3, В). По гранулометрическому составу они соответствуют пылевато-песчаному легкому суглинку с содержанием ила 13%, физической глины (<0.01 мм) 22% и суммарной фракции песка 67%, в которой доминируют подфракции среднего и крупного песка. Морфон имеет слабое засоление ($a_{\text{Na}} 20\text{--}24$ ммоль/л) и сильнощелочную реакцию среды (pH 8.5). Переход заметный по цвету.

IMP, 40(41)–125 см, органо-импрегнированный горизонт (предлагаемое название). Цвет черный с маслянистым блеском, похожим на битум (GLEY1 2.5/N), чередующиеся слои песка разной крупности, основная масса представляет собой темную вязкую массу, в которой большинство песчинок покрыты серыми или черными пленками, встречаются отдельные зерна кварца без пленок, отчетливо фиксируются замкнутые пузырьковые камеры, сырой, не вскипает от HCl, температура слоя 21.2°C , формально незасоленный ($a_{\text{Na}} 3\text{--}9$ ммоль/л), реакция среды варьирует от нейтральной (pH 6.6) в верхней части до сильнощелочной (pH 9.9) в более глубоких частях. Горизонт был вскрыт до глубины 65 см, глубже использовали бур. С глубины 105 см горизонт стал мокрым, из него стала сочиться вода.

Cg, imp, 125–145 см. Светлый песок с сизыми пятнами, отчетливо выражен запах сероводорода, температура слоя 21.2°C .

Cg, 145–165 см. Песок, светлее предыдущего, с глубины 160 см более активное поступление воды, температура слоя 21.2°C .

Gimp, 165–185 см. Сизый (GLEY2 4/10G) песок, встречаются частицы слюды и пирита, плотный, мокрый, температура слоя составляет 21.3°C .

Gimp 185–215+ см. Глеевый горизонт, в котором чередуются зеленоватые (GLEY1 6/5G) и черные (GLEY1 2.5/N) слои, температура в слое 195–205 см 21.4°C , в слое 205–215 см — 23.7°C .

Все песчаные слои глубже 105 см имеют сильнощелочную реакцию среды (pH 9.8–10.0) и фоновую активность ионов натрия ($a_{\text{Na}} 3\text{--}6$ ммоль/л), характерную для подземных термальных вод.

Разр. РФ-1-1 заложен в болотном массиве между вытянутым островом и аллювиальной равниной (рис. 1, В, 1, Г). Поверхность сильно коч-

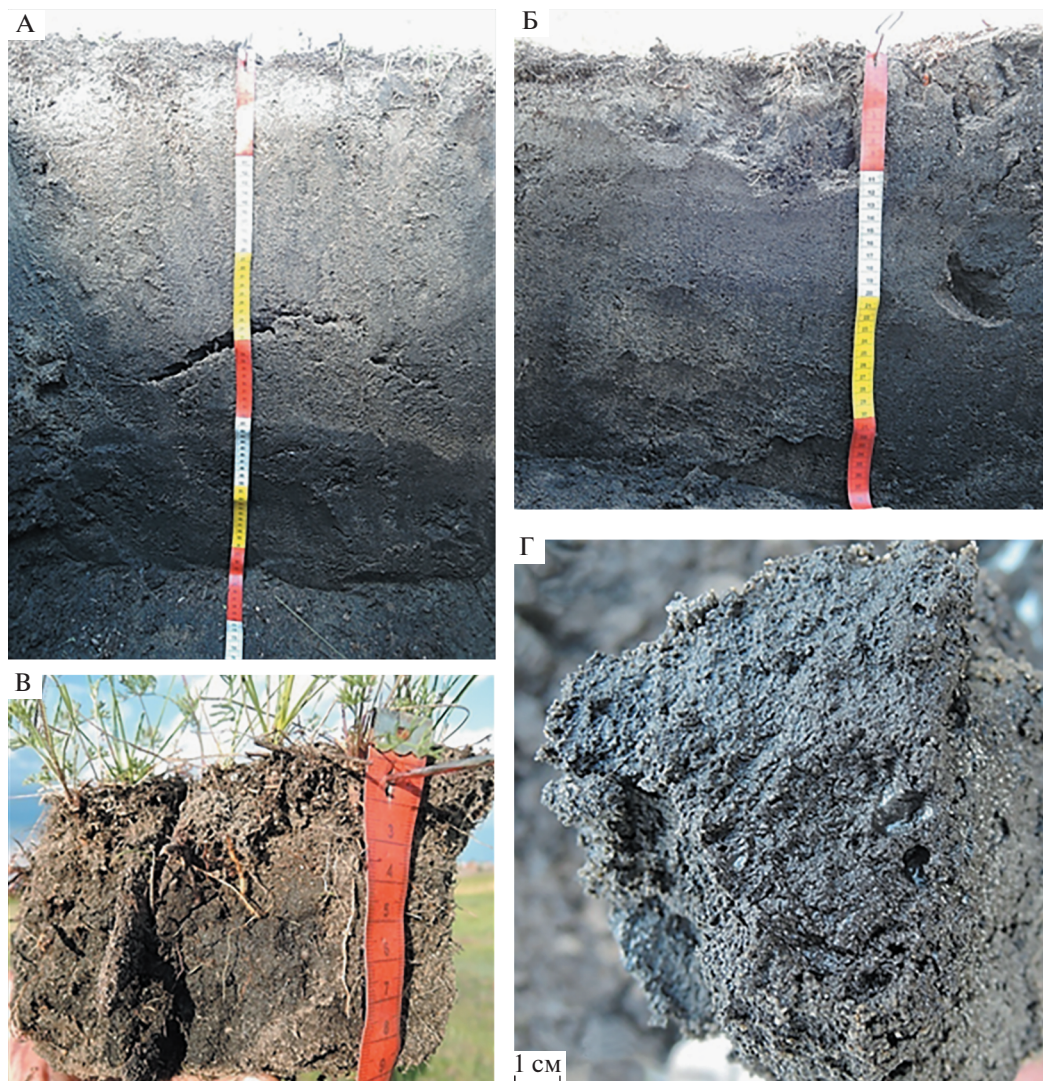


Рис. 3. Разр. РФ-1-4: А, Б — почвенный профиль двух стенок разреза (А — передняя, Б — боковая); В — прочные блоки с импрегнированными внешними стенками; Г — поверхность отдельности, покрытая черной пленкой конденсированных органических соединений (импрегнированный гор. IMP, глубина 50–60 см).

коватая. Размеры кочек — 30–50 см в диаметре, 6–12 см по высоте. Между кочками мочажинки с водой. Значения удельной электропроводности воды, приведенные к стандартной температуре 25°C (EC_{25}), варьировала от 0.16 до 0.90 дСм/м, активности ионов составляли: a_{Na} 3–5 ммоль/л, a_{Ca} 0.002–0.003 ммоль/л, a_{Cl} 0.7–0.8 ммоль/л, pH воды 9.3, температура воды варьировала в середине июня от 11.3 до 14.2°C. При вскрытии разреза ощущался сильный запах сероводорода. На глубине 30–55 см залегал сезонно-мерзлый слой, из-под которого после вскрытия грунтовая вода под напором заполнила яму до глубины 15 см от верха кочки. Грунтовая вода под сезонно-мерзлым слоем имела температуру 4°C и EC_{25} 0.35 дСм/м.

Сообщество *Carex reptabunda* — *Potentilla anserina* (РФ-1-1) насчитывает 17 видов растений с общим проективным покрытием 90%. Преобладают луговые длинно- и короткостебельные растения, которые индуцируют все лугово-болотные эколого-ценотические комплексы исследуемой территории. Практически равное участие гигридов и мезидов указывает на стабильность водного режима экосистемы.

Торфянисто-перегнойно-глеевая почва (Eutric Rheic Sapric Histosol (Fluvis, Sodic)) имеет профиль TE-H-G (рис. 4) при отсутствии формального засоления (по всему профилю a_{Na} варьирует в интервале 3–8 ммоль/л).

TE, 0–13(16) см, эутрофный торф (2.5Y 3/2) буроватого цвета, состоящий из растительных остатков, обильно пронизанных живыми корнями, мок-

Таблица 4. Трансекта РФ-1. Активности ионов и рН, измеренные в пастах с влажностью 30%

№ разреза	Глубина, см	Горизонт	рН	Активность ионов (в жидкой фазе пасты с влажностью 30%), ммоль/л				$a_{Na}/\sqrt{a_{Ca}}$
				F ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	
РФ-1-3	0–20	TE	7.20	0.41	0.22	1.66	0.295	3.1
	20–40	H	7.06	0.51	0.23	4.37	0.324	7.7
	40–60	Gimp	7.40	0.58	0.79	5.89	0.059	24.2
	60–80	Gimp	8.60	0.43	2.04	6.76	0.059	27.8
	80–100	Gimp	8.40	0.45	1.78	5.37	0.052	23.5
	100–120	Gimp	9.10	0.41	1.95	6.61	0.060	27.0
	120–140	Gimp	9.40	0.43	1.70	6.31	0.078	22.6
	140–160	Gimp	9.30	0.39	2.29	7.94	0.069	30.2
	160–180	Gimp	9.00	0.43	2.75	6.46	0.063	25.7
	180–190	Gimp	8.80	0.49	4.17	4.57	0.036	24.1
РФ-1-4	0–1.5	W	8.30	1.15	0.74	5.37	0.036	28.3
	1.5–3(7)	AC	9.10	1.48	2.45	9.55	0.003	174.4
	3(7)–40(41)	ACimp (темн)	8.50	2.00	7.24	21.38	0.069	81.4
	3(7)–40(41)	ACimp (светл)	7.40	1.23	1.15	8.71	0.002	194.8
	40(41)–65	IMP	6.60	0.71	1.05	2.82	0.076	10.2
	65–85	IMP	8.30	0.50	1.38	5.62	0.079	20.0
	85–105	IMP	9.90	0.30	3.72	3.47	0.126	9.8
	105–125	IMP	9.95	0.47	1.95	5.5	0.063	21.9
	125–145	Cg,imp	9.95	0.43	1.45	4.57	0.032	25.5
	145–165	Cg	9.93	0.48	1.35	5.5	0.031	31.2
	165–185	G	9.81	0.32	1.07	3.8	0.033	20.9
	185–205	Gimp	9.80	0.29	0.95	4.07	0.049	18.4
	205–215	Gimp	9.80	0.46	1.58	5.13	0.026	31.8
	0–6	AJimp	9.65	4.57	3.63	85.11	0.002	1903.1
	6–20(41)	QCimp,tur	8.67	3.55	2.75	3.16	0.001	99.9
	20(41)–55	CGimp,tur	6.29	0.19	1.00	4.68	0.009	49.3
РФ-1-5	55–75	CGimp	5.95	0.21	0.26	0.85	0.049	3.8
	75–95	CGimp	6.71	0.44	0.93	5.62	0.012	51.3
	95–115	CGimp	7.99	0.76	2.04	10.00	0.012	91.3
	115–135	CGimp	8.71	0.39	0.91	3.09	0.001	97.7
	135–155	CGimp	8.52	0.45	1.58	6.31	0.025	39.9
	155–175	CGimp	8.36	1.35	2.40	6.17	0.036	32.5
	0–7	Wca	9.30	1.02	2.09	22.91	0.091	75.9
	7–30	AC + C + Cint	8.70	2.34	5.89	14.13	0.023	93.2
	30–50	Qimp	7.80	2.45	2.45	16.98	0.046	79.2
	62–69	Qimp	7.50	2.29	0.93	8.32	0.045	39.2
РФ-1-7	69–80	imp + Qox,imp	7.30	0.87	0.13	4.27	0.093	14.0
	80–100	Q	7.30	1.78	0.59	5.89	0.054	25.3
	100–120	Qox,imp	7.60	0.89	0.40	3.55	0.015	29.0
	120–140	IMP	9.00	0.63	0.55	4.17	0.085	14.3
	140–160	G	9.50	0.78	0.43	5.13	0.046	23.9
	160–180	G	9.50	0.74	0.54	4.68	0.047	21.6

рый, температура 10.4°C, переход заметный по степени разложения растительных остатков.

H1, 13(22)–30(40) см. Перегнойный горизонт, черный (GLEY1 2.5/10Y), мокрый, напластования сильноразложившихся растительных остатков с редкими мелкими камешками, умеренно пронизан вертикальными корнями травянистой растительности, на глубине 20–30 см обнаружен камень диаметром около 10 см, температура горизонта 3.9°C, переход резкий по консистенции, граница ровная.

H2, 40–55 см, черный (GLEY1 2.5/N) твердый сезонно-мерзлый перегнойный горизонт с белыми кристалликами льда 1–3 мм. Температура 0–0.1°C.

H3, 55–70 см, нижняя часть перегнойного горизонта, черный (GLEY1 2.5/N), мокрый, температура 4.6°C.

G, 70–100 см, верхняя часть глеевого горизонта. Неоднородно окрашенный: сизый (Gley2 4/10B) с редкими ржавыми пятнами, мокрый, супесчаный, температура слоя 1.8°C.

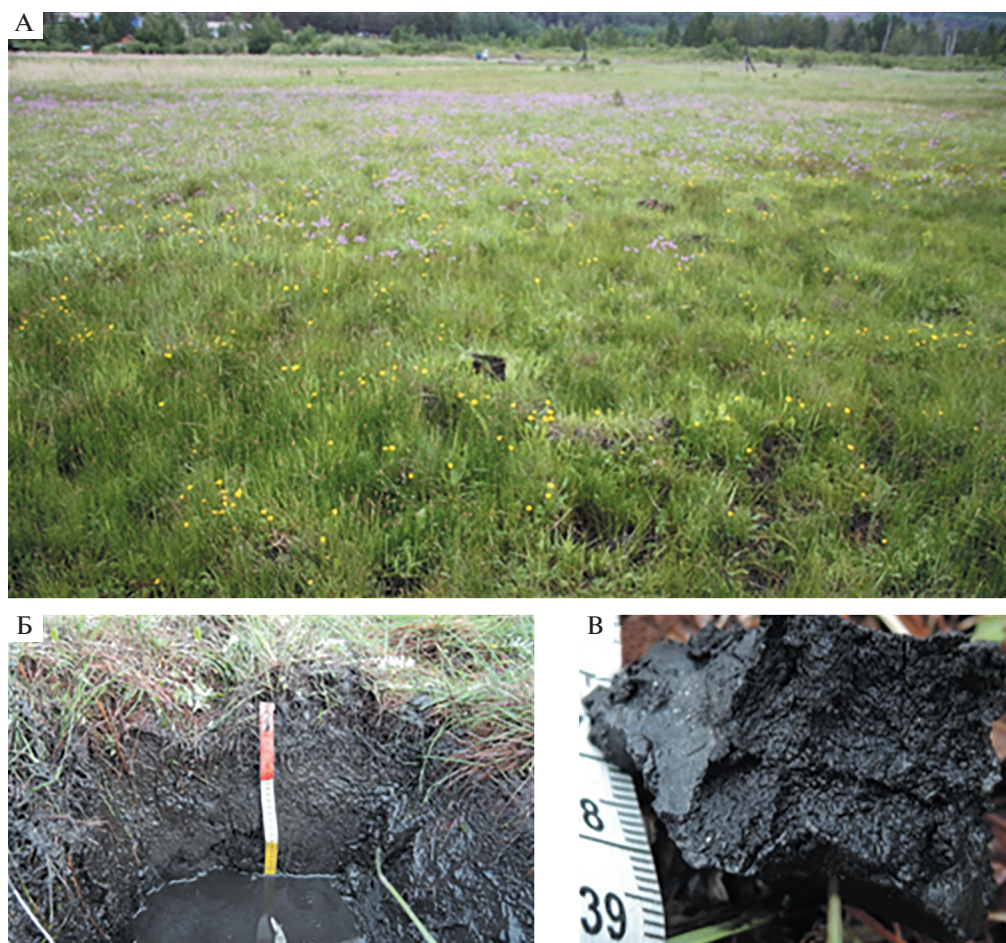


Рис. 4. Разр. РФ-1-1: А – Кочкарное болото; Б – верхняя часть профиля торфяно-перегнойно-глеевой почвы; В – фрагмент мерзлого перегнойного гор. Н2.

G, 110–130 см, сизая (GLEY1 4/10GY) толща чередующихся слоев крупно- и мелкозернистого мокрого песка, температура на глубине 120 см $+3.2^{\circ}\text{C}$, глубже поднимается до $+4.2^{\circ}\text{C}$.

130–160 см, темный (GLEY2 2.5/10BG) песчаный горизонт с сильным запахом сероводорода, температура $+5.3^{\circ}\text{C}$.

Разр. РФ-1-2 также заложен в болотном массиве в 31 м от разр. РФ-1-1 на более темной полосе на космическом снимке, разделяющей две ячеистые структуры в болоте. В растительном покрове помимо *Carex reptabunda* и *Potentilla anserina* заметную роль играет тростник *Phragmites australis*. Растительные торфяные кочки высотой 10–15 см и диаметром 30–40 см чередуются с ячейками мочажин приблизительно такого же диаметра. Значения EC_{25} варьировали от 0.70 до 0.74 дСм/м, активности ионов составляли a_{Na} 5–8 ммоль/л, a_{Ca} 0.02–0.03 ммоль/л, a_{Cl} 0.4–0.5 ммоль/л, температура воды от 14.7 до 15.8°C . При вскрытии разреза заметно усиливался запах сероводорода.

Торфянисто-перегнойно-глеевая почва (Eu- tric Rheic Sapric Histosol (Fluvic, Sodic)) имеет профиль TE(0–20 см)–H(20–50 см)–Gimp(50–160+ см). На глубине 40–50 см 12 июня 2018 г. был обнаружен сезонно-мерзлый слой, из-под которого вода поднималась под напором. Через 10 дней позднее мерзлый слой оттаял. Строение профиля приблизительно соответствует описанию разр. РФ-1-1.

Разр. РФ-1-3 заложен в другой ячеистой структуре болотного массива в 31 м от разр. РФ-1-2. Растительный покров аналогичен разр. РФ-1-2. Растительные торфяные кочки высотой 7–12 см и диаметром 30–40 см чередуются с ячейками мочажин приблизительно такого же диаметра. Значения EC_{25} варьировали от 0.50 до 0.53 дСм/м, активности ионов составляли: a_{Na} 2–8 ммоль/л, a_{Ca} 0.04–0.32 ммоль/л, a_{Cl} 0.2–4 ммоль/л, температура воды от 13.4 до 14.7°C . При вскрытии разреза заметно усиливался запах сероводорода. Строение профиля почвы приблизительно соответствует описанию разр. РФ-1-1 и РФ-1-2. Торфянисто-пе-

регно-глеевая почва (Eutric Rheic Sapric Histosol (Fluvic, Sodic)) имеет профиль TE(0–20 см)–H(20–50 см)–Gimp(50–160+ см). На глубине 40–50 см 12 июня 2018 г. был обнаружен сезонно-мерзлый слой, из-под которого вода поднималась под напором. Почва по всему профилю незасоленная с фоновой активностью ионов натрия в жидкой фазе a_{Na} 2–8 ммоль/л и сменой реакции среды с нейтральной в органогенных горизонтах (рН 7.1–7.2) до сильнощелочной (рН 8.6–9.4) на глубине 60–190 см в гор. Gimp.

Разр. РФ-1-5 расположен в переходной полосе от болота к аллювиальной равнине. Эта полоса шириной 5–7 м при отсутствии осадков высыхает с поверхности, а после сильных дождей затопляется слоем воды толщиной до 10–15 см (рис. 5, А). Эта часть берега покрыта амебообразными по форме пятнами осоки, между которыми расположены причудливой формы медальоны, лишенные высшей растительности и покрытые черной высохшей растрескавшейся корочкой водорослей и бактериального мата, чередующихся со светлой поверхностью оголенного песка, который вскипает от HCl с поверхности. Передняя стенка разреза заложена непосредственно на таком пятне без высшей растительности, а боковые стенки пересекают участки с осокой. Грунтовая вода выклинивалась с боковых стенок на глубине 55 см.

Рядом с разрезом на расстоянии 4–5 м чуть выше (на 5–7 см) по склону встречаются белые (7.5YR 9/1) солевые корочки мощностью 0.3–0.6 мм.

Ассоциация *Carex reptabunda* – *Potentilla anserina* (РФ-1-5) включает 17 видов растений, в ее составе господствуют разнотравье и осоки. В экологическом спектре преобладают гигрофиты и мезофиты, что закономерно для заболоченных лугов со стабильным водным режимом.

Морфологическое строение почвенного профиля:

AJimp, 0–6 см, неоднородно окрашенный гумусовый горизонт с сильно изменяющейся окраской в зависимости от влажности: во влажном состоянии очень темный – от черного (2.5Y 2.5/1) до темно-серого с буроватым оттенком (2.5Y 3/1 и 3/2), при высыхании светлеет до светло-серого (2.5Y 5/1, 6/1 и 7/1). В начале копки был влажный (рис. 5, Б, 5, В), в открытом состоянии стенка разреза быстро высыхала, пылевато-крупнозернистый супесчаный – легкосуглинистый (23% физической глины, в том числе 12% ила, 59% песчаных частиц). Температура горизонта 21.4°C (13 июня 2018 г., полдень). Сложение слоистое, структура непрочная, имеет два порядка: крупные блоки шириной 11–13 см разделяются на более мелкие агрегаты размером 3 × 5 см. На участках с осокой слой 0–3 см слабо скреплен мелкими тонкими корнями травянистой растительности, глубже

объединение частиц в агрегаты происходит за счет импрегнирования (пропитки) снизу конденсированным органическим веществом (состав пока не исследован) из газо-гидротермальных флюидов. На некоторых боковых сторонах блочных структур выделяются отчетливые черные липкие и вязкие пленки органического вещества. На горизонтальных разломах разбросано много мелких (около 0.5 мм) желтых табличек пирита. Вскипает от HCl, но выделений карбонатов не видно. Реакция среды сильнощелочная (рН 9.6). Горизонт имеет среднее сульфатное натриевое засоление (a_{Na} 80–90 ммоль/л, a_{Cl} 3–4 ммоль/л) с заметным содержанием фторидов (a_F 4–5 ммоль/л) и крайне низкой активностью ионов кальция (a_{Ca} 0.001–0.003 ммоль/л), контролируемой растворимостью флюорита. Переход заметный по ослаблению сцепления между частицами, граница относительно ровная.

QCimp,tur, 6–20(41) см, квазиглеевый турбированный импрегнированный горизонт. Неоднородно окрашенный (рис. 5, Г, 5, Д, 5, Е): фон оливо-бурый (2.5Y 5/3), на нем размытые пятна темно-бурой (7.5YR 4/3 и 3/2) и черной (от 2.5Y 2.5/1 до GLEY1 3/N) окраски, вертикальные, субгоризонтальные полосы и тонкие линзы темно-бурой и черной окраски, в горизонтальном направлении через 20–30 см встречаются крупные (10–15 см в диаметре) темные морфоны песка, выдавленного из нижних слоев и пропитанного конденсированным органическим веществом. Температура на глубине 20 см варьирует от 17.4 до 18.9°C. Горизонт сырой, уплотненный, супесчаный с прослойками и линзами песка разной крупности (от мелкого до крупного), с глубины 10(11) см встречаются тонкие изогнутые линзы с большим скоплением черной вязкой и липкой органической массы, обволакивающей песчаные зерна (рис. 5, Ж–5, И). При высыхании такие линзы или прослойки становятся очень прочными и твердыми, при повторном опускании их в воду быстро теряют прочность и легко деформируются пальцами. Сложение слоистое, супесчано-песчаная масса слабо связана во влажном состоянии, но импрегнированные пятна, прослойки и линзы отличаются более заметной связностью материала, особенно при высыхании. В горизонте встречаются единичные мелкие камни. На горизонтальных разломах отчетливо видны вкрапления мелких (<0.5 мм) плоских кристаллов пирита с золотистым блеском. Корней существенно меньше по сравнению с AJimp. Вскипает от HCl без видимых выделений карбонатов. Горизонт незасоленный (a_{Na} 3–4 ммоль/л) с сильнощелочной реакцией среды (рН 8.7). Переход заметный по цвету и интенсивности импрегнирования, граница чрезвычайно неровная за счет выдавливания кверху и турбации нижележащего горизонта.

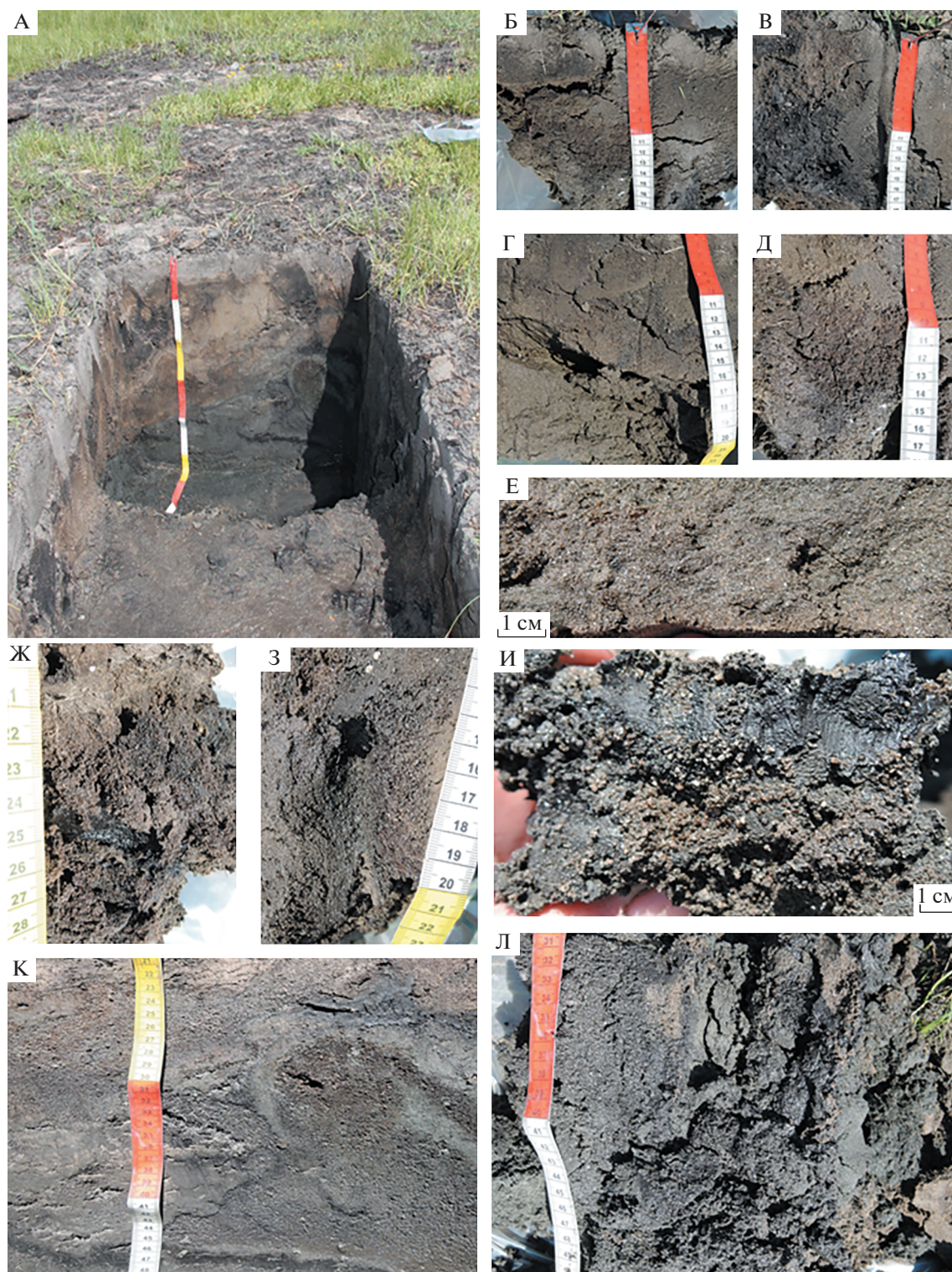


Рис. 5. Разр. РФ-1-5. А — почвенный профиль; Б, В — строение верхней части профиля, гор. АIimp и QСimp,tur в разных частях разреза; Г, Д, Е — разные морфоны в гор. QСimp,tur: Г — преимущественно оливковый морфон; Д — темный морфон с пленками гидроксидов железа; Е — разлом по горизонтальной слоистости, светлые многочисленные точки — мелкие кристаллы пирита; Ж, З — разные формы пленок импрегнированного конденсированного органического вещества в песчаной массе (глубина 15–30 см, гор. QСimp,tur); И — линза импрегнированного конденсированного органического вещества в песчаной массе (глубина около 20 см, гор. QСimp,tur); К, Л — глеевый импрегнированный турбированный песчаный горизонт СGimp,tur: К — зачищенная стенка разреза; Л — сильно импрегнированный фрагмент, вынутый лопатой при копке.

CGimp,tur 20(41)—55 см, глеевый импрегнированный турбированный песчаный горизонт (рис. 5, К, 5, Л). Неоднородно окрашенный очень темный: чередуются субгоризонтальные, изогнутые наклонные и вихреобразно закрученные полосы сизого (GLEY1 5/10BG) и черного (GLEY1 2.5/N) цвета. Толщина полос варьирует от 1—3 до 5—10 см. Среди них встречаются линзы сильно ожелезненного темно-бурого (7.5YR 3/2 и 4/2) крупного песка. На передней и правой боковой стенках отчетливо диагностируются следы выдавливания материала снизу в сторону вверх с относительным превышением около 20 см. Температура на глубине 50 см варьирует от 18 до 19°C. Мокрый, из стенки сочится вода, глубже 55 см копать невозможно, поскольку углубление шириной 25 см начинает заплывать со всех сторон. Средний и крупнозернистый песок, много мелких (<0.5 мм) кристаллов пирита. Горизонт незасоленный (a_{Na} 4—6 ммоль/л), со слабой кислой реакцией среды (pH 6.3), вероятно, за счет частичного окисления пирита. На глубине 47—48 см имеется линза толщиной 1—1.5 см черной вязкой липкой массы конденсированного органического вещества, которая при высыхании твердеет, а при повторном увлажнении обратимо размягчается. При накоплении небольшого слоя воды на дне разреза становится хорошо заметным периодическое выделение снизу мелких пузырьков газа диаметром 2—4 мм с интервалом 1—3 мин. Глубже проводили бурение почвы.

CGimp 55—175 см. Черный песчаный слой до глубины 75 см. Он сменяется вязким пластичным также черным горизонтом, простирающимся до 95 см. По составу он представляет мелкозернистый песок, пропитанный органическим веществом неясной природы. С 95 до 135 см чередуются черные прослои песка разной крупности, пропитанные органическим веществом. С глубины 135 см наблюдается чередование черных и сизых песчаных прослоек толщиной 3—7 см, причем черные прослойки представлены мелкозернистым песком, а сизые — более крупнозернистым песком. Видны мелкие кристаллы пирита. Не вскипает от HCl. Профиль температуры по глубинам 65, 85, 105, 145, 165 см: 16.9, 16.2, 15.5, 16.2, 15.2°C соответственно.

Почва: аллювиальная светлогумусовая импрегнированная газогидротермально турбированная глеевая поверхностно-солончаковая средnezасоленная песчаная (Eutric Sodic Gleyic Pantofluvic Fluvisol (Alcalic, Epiloamic, Endoarenic, Humic, Sulfidic)).

Разр. РФ-1-6 расположен в середине очень пологого склона аллювиальной равнины с разреженной травянистой растительностью в 17 м от берега болота и в 13 м от разр. РФ-1-5, относительно которого находится на 35 см выше. Склон

имеет слабо выраженный бугристый микро рельеф с амплитудой 3—5 см.

Сообщество *Leymus chinensis* — *Carex duriuscula* (РФ-1-6) имеет 12 видов растений с общим проективным покрытием 42%. Особенностью фитоценоза является значимая роль устойчивых к дигрессии галофильных и галотолерантных растений: *Artemisia anethifolia*, *Leymus chinensis*, *Critiesion brevisubulatum*, *Puccinellia tenuiflora*. На фитоценозную принадлежность синтаксона к остеппенным лугам указывает обильное участие рыхлокустовых луговых и степных видов. В экологическом спектре представлены все группы, что свидетельствует об изменениях водного режима экосистемы, а наличие ксерофитов о безводных периодах.

Горизонты почвенного профиля имеют волнистое залегание (рис. 6, А, 6, Б).

W1ca, 0—3(4) см, гумусово-слаборазвитый супесчаный горизонт, пронизанный корнями и корневищами травянистых растений, не образующих дернину. Окраска однородная буровато-светло-серая (10YR 5/2, сух), свежий, сравнительно рыхлый, структура мелкокомковатая очень непрочная, вскипает от HCl без морфологического выделения карбонатов. Горизонт перекрывает сравнительно ровным слоем нижележащие морфоны, образующие латеральное чередование чаше- и диапироподобных тел. Переход ясный по сложению или цвету.

Чашеподобное тело вскрыто в правой части передней стенки разреза. Оно имеет переменную общую мощность: глубина нижней границы изменяется от 30 см в центральной части до 15 см на периферии при латеральном переходе в диапироподобное тело. Ширина чаши по верху составляет 60—70 см. Чашеподобное тело состоит из трех вогнутых линз переменной мощности каждая, расположенных друг под другом. Общая последовательность W2ca—ah,imp—C2. В центральной наиболее вогнутой части непосредственно под гор. W1ca залегает светло-серая (2.5YR 6/2, сух) супесчаная линза W2 с мелкими (1—2 мм) белесыми пятнышками из отмытых от пленок песчинками и более редкими корешками. Линза W2ca выклинивается в горизонтальном направлении в обе стороны, ее ширина по верху около 40 см. Максимальную мощность 6 см линза имеет в центре. В результате глубина ее нижней границы изменяется от 3(4) до 9 см.

Следующая вниз по профилю линза ah,imp представляет собой погребенный изогнутый маломощный (6 см) фрагмент перегнойно-темногумусового импрегнированного горизонта. Верхняя и нижняя границы этой линзы на срезе имеют вогнутую форму. Глубина верхней границы изменяется от 3(4) до 9 см; глубина нижней границы от 3(4) до 15 см. Верхняя граница разделяет

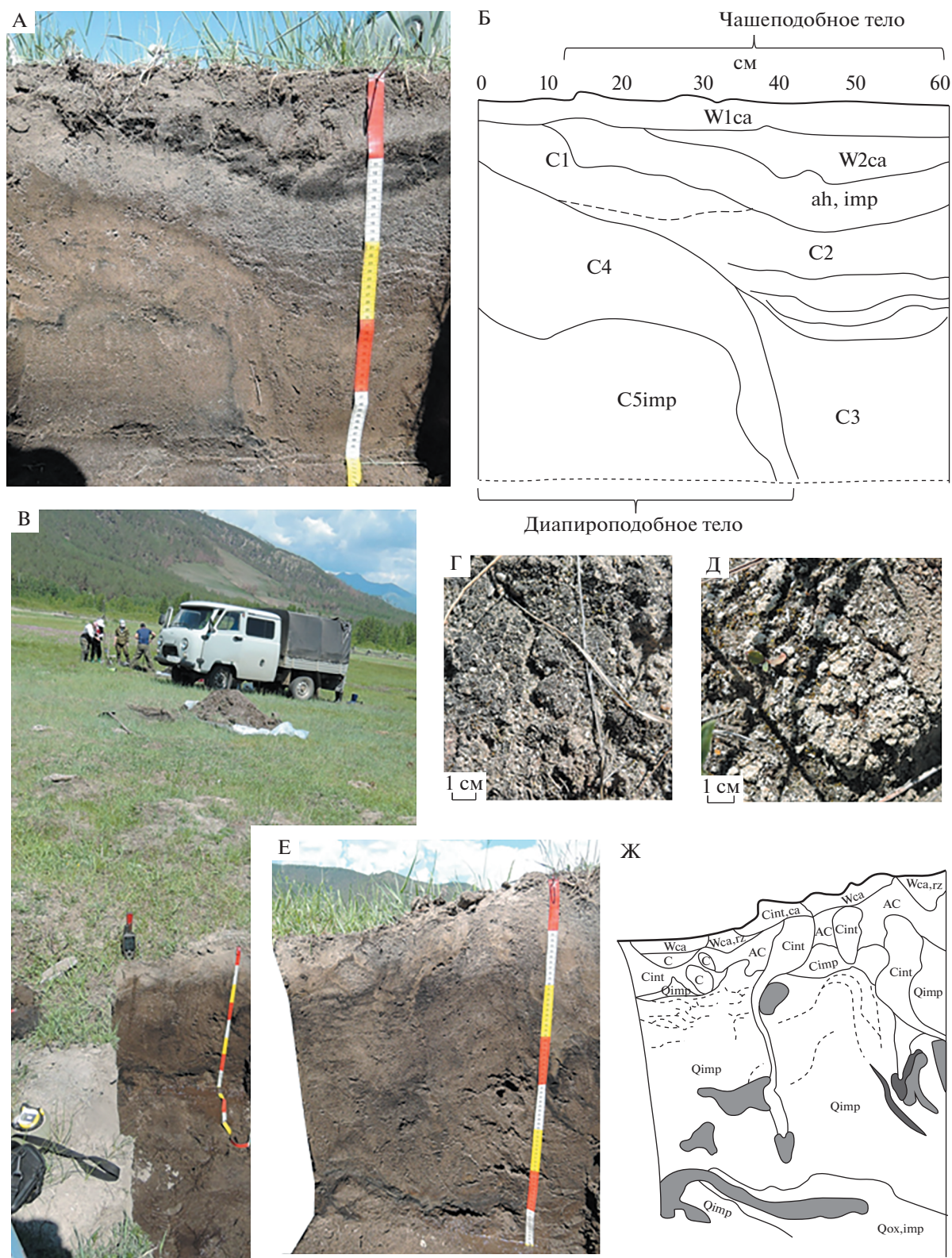


Рис. 6. Разр. РФ-1-6 и РФ-1-7: А, Б – фотография и схема строения почвенного профиля РФ-1-6; В – мелкобугристый микро рельеф возле разр. РФ-1-7, дальше разр. РФ-1-6, еще дальше – разр. РФ-1-5; Г, Д, Е, Ж – разр. РФ-1-7: Г – черные пленки на поверхности микробугорка; Д – солевые выцветы на поверхности микробугорка; Е – почвенный профиль; Ж – схема строения.

линзу ah,imp с поверхностным гор. W1ca на краях и с W2ca в центре. Ширина этой линзы по верху составляет 60–70 см. Линза ah,imp имеет самую темную окраску в профиле – темно-бурю (фон 10YR 2/2 с чуть более светлыми мелкими фрагментами 7.5YR 3/2), материал твердый в сухом состоянии, обратимо размягчается при увлажнении. Местами линза ah,imp разорвана, и в места разрыва внедрен светлый материал вышележащей линзы W2ca. Переход резкий по цвету и сложению.

Нижняя часть чашеподобного тела представлена слоистым бурым (7.5YR 4/2) морфонеом C2 и недифференцированным мелким песком C3 палевого цвета (10YR 6/4). В морфоне C2 отчетливо прослеживаются три белых тонких (1–1.5 мм) прослойки, отображенных на схеме (рис. 6, Б) изогнутыми линиями мелких точек. Между этими прослойками материал C2 имеет относительно однородную бурю окраску (7.5YR 4/2). Тогда как верхняя часть морфонеа C2 (выше указанных прослоек) имеет неоднородную окраску: на фоне горизонтально вытянутых (длина 5–7 мм, толщина 1–3 мм) буроватых (7.5YR 4/2) линзочек, образующих общее слоистое сложение, много белесых (10YR 8/1) скоплений пылеватых и песчаных зерен. Морфоне C2 вскипает, а морфоне C3 не вскипает от HCl.

Диapiroподобное тело вскрыто в левой части передней стенки разреза (рис. 6, А). Оно представлено выдавленными снизу песчаными слоями C1, C4, C5imp. Морфоне C1 и C4 (до глубины около 30 см) вскипают от HCl. Глубже вскипание отсутствует. Отчетливые черные изогнутые полоски импрегнированного конденсированного органического вещества обнаружены в самом нижнем морфоне C5imp. Эти полоски шире на глубине 50 см и утончаются, сильно изгибаясь, по мере приближения их к дневной поверхности. В песчаном материале встречаются золотистые мелкие кристаллы пирита.

По данным бурения, песчаный материал с признаками импрегнирования продолжается до глубины 70 см. С 70 до 150 см слоистый песок имеет преимущественно серо-черные тона. Этот слой можно отнести к импрегнированному горизонту IMP. Глубже (150–190 см) залегает зеленовато-сизый (GLEY1 5/5GY) однородный мелко-среднезернистый песчаный мокрый глеевый гор. G с включением мелких золотистых табличек пирита.

Температурный профиль разреза по глубинам 2, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 см – 30.1, 24.1, 16.7, 18.5, 17.0, 18.4, 15.8, 15.8°C.

Почва: аллювиальная гумусово-слаборазвитая импрегнированная газо-гидротермально турбированная песчаная (Eutric Sodic Fluvisol (Epiloamic, Endoarenic, Humic)).

Разр. РФ-1-7 заложен в 10 м от разр. РФ-1-6 выше по пологому склону на слабовогнутой по-

верхности диаметром около 15 м с мелкобугристым микрорельефом (рис. 6, В). Растительность такая же, как на разр. РФ-1-6. Микробугорки имеют куполообразную форму высотой от 10 до 20–25 см и диаметром у основания 50–60 см. Слабовыпуклые вершины микробугорков, как правило, имеют редкую травянистую растительность в виде куртин осоки. Большая часть поверхности лишена растительности, покрыта тонкой белесой корочкой солей или мелкими (3–5 см) скоплениями кристаллов солей, покрывающих непрочные пылеватые агрегаты (рис. 6, Г). Местами встречаются более плотные черные корочки высушенных водорослей и бактериальных матов с редкими мхами (рис. 6, Д).

Передняя стенка разр. РФ-1-7 на расстоянии около 80 см вскрывает переход от микропонижения (слева) до микробугорка (справа). Амплитуда изменения высоты 9–12 см (рис. 6, Е, 6, Ж).

Верхняя часть почвенного разреза чрезвычайно неоднородна и представлена серией морфонов, обозначенных на схеме (рис. 6, Ж) индексами Wca; Wca,rz; Cint,ca; AC; C; C⁺; Cint; Cimp.

Четыре морфонеа возле поверхности представлены фрагментами гумусово-слаборазвитого гор. Wca с бурным вскипанием от HCl (наличие дисперсных карбонатов – индекс “ca”), два из которых (Wca,rz) более интенсивно пронизаны корнями с образованием слабой дернины (индекс “rz”). Морфоне Wca и Wca,rz имеют мощность от 3 до 6 см, буровато-светло-серую окраску в сухом состоянии (10YR 6/2), темно-серую (10YR 3/1 и 3/2) при увлажнении. Состояние увлажнения морфонов варьировало от влажноватого до влажного, после вскрытия разреза морфонеа быстро высыхали. Гранулометрический состав – средне- и крупнозернистый песок, сцепление частиц слабое, преимущественно за счет корневых систем. Морфонеа имеют слабое засоление (a_{Na} 20–25 ммоль/л) и сильнощелочную реакцию среды (pH 9.3). Переход заметный по окраске и обилию корней. Нижняя граница слабовогнутая вниз в местах сосредоточения корней.

На микросклоне гор. W прерывается в горизонтальном направлении морфонеом Cint,ca, представляющим интрузию снизу (индекс “int”) пылеватого материала палевого цвета (10YR 7/3), имеющего слоистое сложение и бурное вскипание от HCl за счет накопления дисперсных карбонатов. На дневной поверхности над ним возникла тонкая солевая корочка.

На глубине от 3–6 до 12–20 см от поверхности чередуются в горизонтальном направлении морфонеа AC, C, C⁺, Cint, Cimp (рис. 6, Ж). Реакция среды остается сильнощелочной (pH 8.7). Морфонеа формально являются незасоленными, но активность ионов натрия в пастах при влажности

30% (a_{Na} 14–18 ммоль/л) близка к нижней границе слабого засоления.

Морфоны АС тяготеют к $W_{ca, rz}$ за счет более глубокого проникновения корневых систем травянистых растений. Они имеют неоднородную неясно пятнистую окраску: фон 10YR 8/1 и 7/1, чуть более темные пятна 10YR 6/1 и 6/2. Гранулометрический состав – мелкий и средний песок. Вскипание от HCl отсутствует. Редкие корни, иногда пучки корней.

Сплошное простираение гор. АС прерывается интрузиями пылевато-палевого (10YR 7/3, 6/3, 6/4) некарбонатного материала C_{int}. Два морфона C_{int} расположены изолированно только в рассматриваемом приповерхностном слое, тогда как два других начинаются с глубины 45 или 55 см узкой восходящей извилистой полоской, которая наверняка сильно расширяется (похожи на головастика).

В области микросклона под морфонами АС между поднимающимися снизу морфонами C_{int} выделены участки песка, импрегнированные конденсированным органическим веществом C_{imp}. Они представлены средним и крупным песком с черным пленками неравномерной пропитки.

В микропонижении (левая часть на рис. 6, Ж) отмечены овальные светлые (10YR 8/2) морфоны крупного песка C⁺ и чашеподобная линза пылевато-мелкопесчаного состава C, между которыми расположен пылеватый интрузивный материал C_{int} амeboобразной формы в вертикальном сечении.

Большинство рассматриваемых морфонов АС, C, C⁺, C_{int}, C_{imp} содержат мелкие (до 0.5 мм) золотистые пластинки пирита (FeS₂).

Глубже от 12–20 до 65–70 см залегает квазиглеевый импрегнированный песчаный гор. Q_{imp}. Он неоднороден по окраске: фон буровато-оливковый (2.5Y 5/3 влажн) с более темными размытыми пятнами и изогнутыми полосками с диффузными краями от темно-бурового (7.5YR 3/2 и 10YR 3/2, 3/3 влажн) до почти черного (GLEY1 4/N, 3/N) цвета. На схеме (рис. 6, Ж) пятна изображены контурами с серой заливкой, а тонкие изогнутые полоски-прожилки – мелким пунктиром. Именно из этого гор. Q_{imp} начинаются уходящие вверх морфоны C_{int} в виде головастиков. Причем снизу и вдоль узких извивающихся “хвостов” C_{int} примыкают наиболее выраженные темные участки импрегнирования в гор. Q_{imp}. Песчаный материал Q_{imp} имеет слоистое сложение, связанное с чередованием слоев разной зернистости песка. В результате стенка разреза этого влажного и даже сырого горизонта быстро начинает неравномерно высыхать: наиболее крупнозернистые слои и линзы песка высыхают быстрее и становятся белесыми, а более мелкозернистые прослои дольше сохраняют влагу и окраску. В верхней части до глубины 30–40 см

встречаются редкие корни. Вскипание от HCl отсутствует, реакция среды становится слабо щелочной (pH 7.5–7.8), активность ионов натрия в пастах постепенно уменьшается вниз по профилю с 15–18 до 4–8 ммоль/л.

На глубине от 65–70 до 80 см вскрыт волнообразно изгибающийся темный морфон шириной от 4 до 6–7 см, обозначенный на схеме индексом imp. Центральная осевая изогнутая полоска шириной 5–10 мм имеет черный или иссиня-черный цвет (GLEY1 3/N и GLEY2 4/5BG) и пылевато-мелкопесчаный состав. Ее окаймляет темно-бурая (7.5YR 2.5/2 и 3/2) с диффузным осветлением бурой окраски к периферии область мелкозернистого песка с пленками оксидов железа. К этой волнообразно изгибающейся темной полосе примыкают морфоны среднезернистого песка квазиглеевого гор. Q_{ox, imp} с ржавыми (5YR 5/8 и 7.5YR 5/6) пятнами и разводами. С 80 см горизонт был мокрый, из него сочилась вода.

Глубже информация получена на основе бурения.

Q, 80–100 см. Мокрый буровато-оливковый квазиглеевый слоистый горизонт с чередованием слоев мелкого, среднего и крупного песка, незасоленный (a_{Na} 3–6 ммоль/л) с нейтральной реакцией (pH 7.3).

Q_{ox, imp}, 100–120 см. Мокрый квазиглеевый горизонт с бурыми зонами ожелезнения и черными зонами импрегнирования.

IMP, 120–140 см. Черный импрегнированный вязкий, липкий, мокрый, суглинистый незасоленный (a_{Na} 3–6 ммоль/л), но сильнощелочной (pH 9.0) горизонт.

G, 140–180 см, глеевый горизонт. Мокрый, чередующиеся слои мелкого и среднего песка голубовато-зеленоватого (GLEY2 6/5BG) и зеленоватого (GLEY1 5/5G) цвета. Часто встречаются золотистые пластинки пирита. Сильнощелочной (pH 9.5), незасоленный.

Почва: аллювиальная гумусово-слаборазвитая импрегнированная газо-гидротермально турбированная квазиглеевая песчаная (Eutric Sodic Gleyic Fluvisol (Epiloamic, Endoarenic, Humic)).

ОБСУЖДЕНИЕ

В предыдущем разделе представлено подробное описание морфологического строения и некоторых свойств почв, формирующихся в местах с интенсивной разгрузкой минеральных термальных вод и газовых флюидов Байкальского рифта в окрестностях д. Кучигер. Исследованные почвы расположены вдоль трансекты, пересекающей болото с активными грифонами газогидротермальных вод, остров в пределах этого болота и прилегающую с востока аллювиальную равнину. Эндогенное поступление газов, растворенных веществ

термальных вод и, возможно, твердых мелкодисперсных частиц в исследованные почвы привело к появлению морфологических признаков, которые не имеют адекватных вариантов в Классификации почв России [15], Полевом определителе почв России [26] и международной классификации почв WRB-2015 [48]. В частности, потребовалось ввести специальные обозначения для таких признаков: *imp* — признак разной степени импрегнирования; *int* — интрузивный материал; *IMP* — черный органично-импрегнированный горизонт.

Полученные материалы позволяют сформулировать гипотезы генезиса почв на всей трансекте и возникновения островов в болоте.

Болотный массив приурочен к меридионально вытянутой слабоогнутой поверхности, непосредственно примыкающей к предгорному шлейфу делювиальных отложений вдоль Баргузинского хребта, по тальвегу которой протекает безымянный ручей. Согласно геологическим данным [20], эта поверхность расположена над Дыренским разломом земной коры. Помимо сосредоточения поверхностного стока с гор в этой вогнутой поверхности, болотный массив постоянно подпитывается подземными газогидротермальными флюидами. По данным Чернявского с соавт. [41], возле д. Кучигер насчитывается 7 основных выходов термальных источников (аршанов) разного химического состава с общим дебитом 10–11 л/с. Полевое обследование болотного массива показало, что имеется еще как минимум 9 более мелких грифонов с выделением подземных вод и газов, разбросанных непосредственно по территории болота. В долине р. Индихэн, расположенной приблизительно в 1 км к востоку от этого болотного массива, также обнаружено еще 8 небольших выходов термальных вод.

Постоянное обводнение и поступление теплых подземных вод способствовали формированию торфянисто-перегонно-глеевых почв с общей мощностью органических горизонтов от 30–40 до 60–80 см. Эти почвы имеют следующие локальные особенности.

Во-первых, хотя органическая толща состоит из двух горизонтов: эутрофно-торфяного ТЕ и перегонного Н, более двух третей общей мощности составляет гор. Н, представленный слоистой массой сильно разложившихся растительных остатков. Гор. ТЕ, залегая с поверхности, обычно имеет небольшую мощность, не превышающую 15–20 см.

Во-вторых, восстановительные условия в болоте, обусловленные постоянным обводнением, усиливаются поступлением подземных газогидротермальных флюидов, содержащих очень низкую концентрацию кислорода — от 0.17 до 6% [13]. В результате окислительно-восстановительный

потенциал в свежих вскрытых разрезах болотных почв составляет 0–200 мВ.

В-третьих, поступление термальных слабоминерализованных (0.4 г/л) гидрокарбонатно-сульфатно-натриевых подземных вод и восстановительные условия способствуют активной сульфатредукции за счет микробиологической деятельности, что ведет к образованию (1) сероводорода, запах которого постоянно ощущается на территории болота и усиливается при вскрытии разрезов, (2) сильнощелочной реакции среды ($\text{pH} > 8.5$) и (3) мелких кристаллов пирита (FeS_2) в песчаных глеевых горизонтах.

В-четвертых, глеевые горизонты, представленные мелкозернистым песком, часто имеют черную окраску за счет их пропитки (импрегнирования) снизу конденсированным органическим веществом, состав которого пока не исследован.

В-пятых, болотные почвы в непосредственной близости от выходов газогидротермальных источников (аршанов) не замерзают круглый год, но в периферийной части болота ближе к берегу до середины июня наблюдались сезонно-мерзлые горизонты, под которыми сосредоточены слабонапорные водоносные горизонты. При нарушении сплошного залегания сезонно-мерзлого слоя скважиной или лопатой, вода из-под него начинает фонтанировать, поднимаясь на 40 см относительно подошвы временно водонепроницаемого мерзлого слоя.

Морфологическое строение траншеи РФ-1-8, вскрывающей краевую часть острова, и разр. РФ-1-4, характеризующего центральную часть острова, позволяет с высокой вероятностью допустить, что остров среди болота возник в результате локального подъема поверхности и выдавливания песчано-пылеватого материала на поверхность под давлением восходящих подземных газогидротермальных флюидов.

Об этом явно свидетельствуют подъем перегонных горизонтов на крутой части склона острова выше уровня воды в болоте и многочисленные языковатые наклонные внедрения песчаного материала снизу со стороны болота вверх под углом 10° – 20° к горизонтали в сторону центра острова (рис. 3, 4, 6). Следует обратить внимание, что длина таких наклонных языков составляет 60–100 см, что означает достаточно сильное направленное смещение песчаного материала.

Еще одним свидетельством образования острова за счет подъема поверхности, являются валики светлого рыхлого материала с пузырчатым сложением, наблюдающиеся вдоль большей части периметра высокой части острова (рис. 1, В, 1, Г). Эти валики создают своеобразные приподнятые борта у острова (см. топографический профиль острова — рис. 1, Г, расстояние 1–22 м). Вдоль валика наблюдается неровная трещина шириной 1–2 см по верху и глубиной 5–7 см (рис. 2, П). На поперечном сече-

нии через валик отчетливо видна восходящая дуга выдавливаемого снизу материала (рис. 2, Т).

Поверхность острова выше уреза воды в болоте на 40–60 см, что соответствует превышению на 90–110 см относительно поверхности минеральных (песчаных) горизонтов в болоте.

Центральная часть острова имеет неоднородное строение. Органогенные горизонты на этом конкретном острове в центральной части отсутствуют, хотя на соседних более мелких островах такие горизонты могут покрывать всю поверхность. На рассматриваемом острове в центральной его части обнаружены необычные черные горизонты. Мы их назвали органо-импрегнированными песчаными горизонтами и обозначили индексом IMP. Помимо них в большинстве остальных минеральных (АС, С) и органо-минеральных (АН) горизонтах обычны черные изогнутые полосы, пятна и линзы, пропитанные (импрегнированные) конденсированным органическим веществом, состав которого предполагается специально исследовать. Наличие указанных морфологических особенностей предлагаем называть признаком импрегнирования и обозначать малым индексом *imp*. Гор. IMP и морфологические элементы, относящиеся к признаку *imp*, отличаются заметной связностью песчаного материала по сравнению с остальной песчаной массой. В сухом состоянии импрегнированные элементы или горизонт твердеют до такой степени, что их трудно или невозможно разломить руками, а при увлажнении обратимо становятся податливыми к деформации.

Как правило, песчаный материал, пропитанный конденсированным органическим веществом, является более мелкозернистым по сравнению с соседними участками. Из чего следует, что импрегнированию подвергаются в первую очередь прослойки и линзы с более тонкой пористостью. Накопление пленок на поверхности песчаных частиц и перемычек между ними обычно способствует созданию более сложного порового пространства. Из этого можно предположить, что импрегнированные прослойки, линзы и горизонты становятся менее газо- и водопроницаемыми по сравнению с исходным материалом. Кроме того, слоистые системы песка разной крупности, являющиеся результатом аллювиально-делювиальных процессов накопления осадков, отличаются понижением водопроницаемости в направлении, перпендикулярном слоистости, по сравнению с однородными песками [47, 49].

Сочетая указанные выше факты и принятые предположения, сформулируем гипотезу образования острова среди болота в зоне тектонического разлома с восходящими газогидротермальными флюидами.

Аллювиально-делювиальная слоистая преимущественно песчаная толща осадочных пород,

заполняющая тектонический разлом, подвергается проработке восходящими газогидротермальными флюидами. В результате такой проработки более тонкозернистые прослойки и линзы с более тонкими порами и, соответственно, менее газо- и водопроницаемые по сравнению с соседними более крупнозернистыми прослоями, постепенно пропитываются (импрегнируются) органическим веществом, конденсированным из газовой фазы. По мере увеличения пленок импрегнирования, указанные прослойки и линзы становятся еще менее газо- и водопроницаемыми, создавая физические барьеры для восходящих флюидов. Возникновение барьера способствует увеличению давления в газогидротермальном флюиде под нижней границей барьера. В условиях, когда давление внизу превысит вес вышележащих слоев, поверхность начнет подниматься. Естественно, такая ситуация становится более вероятной по мере приближения барьера к дневной поверхности за счет уменьшения веса вышележащих слоев. При подъеме материала барьера с вышележащими слоями под давлением снизу возникают нарушения сплошного залегания кровли барьера, приводящие к прорыву отдельных струй вверх с выносом материала и деформированию (турбированию) остальной слоистой массы. Если прочность барьера на разрыв окажется достаточно высокой, можно ожидать общий подъем сравнительно крупного блока с образованием заметно возвышающейся выпуклой дневной поверхности с множеством фестонов по периферии блока, обусловленных мелкими разовыми выходами газогидротермальных струй по ослабленному контакту поднимающегося барьера с соседними блоками осадочных отложений. Подобные структуры наблюдались на соседних участках, публикация информации о которых предполагается позже.

Ячеистое строение болотного массива вокруг рассматриваемого острова служит дополнительным аргументом в пользу выдвигаемой гипотезы. На космическом снимке отчетливо выделяются участки болота, отделяющиеся друг от друга узкими полосками другого цвета, каждая из которых одним своим концом начинается от одного из мысов на острове. При этом указанные полоски также представлены торфянисто-перегнойно-глеевыми почвами. А внутри отделяемой ими ячейки видны мочажины с более активным выходом газов из-под воды.

Прилегающая к болоту с востока аллювиальная равнина представлена гумусово-слаборазвитыми аллювиальными квазиглеевыми и квазиглееватыми почвами с сильно турбированным профилем, наличием импрегнированных горизонтов и солевых корочек на поверхности. Органогенные горизонты здесь не встречались. Лишь в разр. РФ-1-6 обнаружена погребенная деформированная линза органо-минерального материала *ah, imp*.

Наоборот, в разр. РФ-1-7 обнаружены морфоны интрузии пылевато-мелкопесчаного материала, застрявшего в верхней части микробугорков, и частично выброшенного на поверхность.

Наличие отмеченных признаков свидетельствует о том, что турбированность профиля и формирование микрорельефа в этой части аллювиальной равнины также вызвана действием газогидротермальных флюидов, возможно, в периферийных “ослабленных” частях этих флюидов. Таким образом, в генезисе почв исследованного района помимо привычного характера ритмично-послойной аллювиальной седиментации почвообразующего материала важную роль играет интрузия глубоких почвенных и подпочвенных слоев восходящими потоками, которая наряду с турбациями и импрегнацией существенно усложняет разнообразие и пестроту почвенного покрова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории внутриконтинентального Байкальского рифта, в частности, в Баргузинской котловине наблюдается большое количество выходов термальных вод различного химического состава. В ряде случаев минеральные воды трансформируются в травертины или гейзериты (источники Гаргинский, Умхейский и др.), при разгрузке в реки они уходят с водными потоками (Аллинский) и только в некоторых районах они разгружаются непосредственно в почвы. Одним из таких уникальных объектов являются почвы Улюнханской впадины на севере Баргузинской котловины (Бурятия). На их формирование оказывают влияние минерализованные термальные воды, с которыми в почву поступает заметное количество натрия, серы (в виде сульфатов и сульфидов), лития, бария, стронция, хрома и редкоземельных элементов.

Благодаря редкому сочетанию эндогенных (разгрузка гидротерм) и экзогенных (затрудненного стока, резкоконтинентального климата и почвообразующих пород — делювия и аллювия из продуктов разрушения щелочных гранитов) факторов, в этом районе формируются почвы, которые имеют морфологические и физико-химические особенности, не свойственные зональному типу. Для изученных почв характерны необычные турбированные профили со специфическими черными вязко-пластичными слоями, прослойками, линзами, в которых происходит накопление водорастворимого натрия (a_{Na} до 85 ммоль/л при влажности 30%). Многие изученные почвы засолены в различной степени (от слабой до сильной). Тип засоления сульфатно-натриевый и аналогичен составу термальных вод.

Черные горизонты и морфоны по внешнему виду и свойствам могут являться результатом

пропитки (импрегнирования) песчано-пылеватых слоев делювиальных и аллювиальных отложений конденсированными органическими соединениями из восходящих газогидротермальных флюидов. Для них характерно повышенное (1–3.5%) содержание $C_{орг}$. Такие признаки не описаны в почвенных классификациях [15, 26, 48]. Предложено ввести специальные обозначения для таких признаков: *impr* — признак разной степени импрегнирования — наличие черных пятен, линз и полос с пленками конденсированного органического вещества на отдельных частицах и на гранях агрегатов; *int* — интрузивный материал, поступивший снизу и застрявший в выше лежащих слоях; *IMP* — черный органо-импрегнированный песчано-пылеватый горизонт. Горизонты и морфоны, подвергнутые импрегнированию органическим веществом, проявляют своеобразное поведение в зависимости от влажности: во влажном состоянии они пластичны, иногда представлены вязко-тягучей массой с вкраплениями песчинок, при высыхании становятся очень твердыми, при повторном увлажнении обратно переходят в легко деформируемое состояние.

Продолжение исследований будет связано с выявлением зон локализации почв со скрытой и палеоразгрузками термальных вод, установлению минералогической, геохимической специфики этих почв, особенностей импрегнированного органического вещества. Представленная информация является теоретической основой при рассмотрении эволюционных и генетических особенностей формирования почв и ландшафтов гидротермальных систем тектонически активной Байкальской рифтовой зоны.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454 А, и средств бюджета по теме “Эволюция, функционирование и эколого-биогеохимическая роль почв Байкальского региона в условиях аридизации и опустынивания, разработка методов управления их продуктивными процессами”; № АААА-А17-117011810038-7; ФАНО 0337-2016–0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аненхонов О.А. Реликтовые явления во флорах гидротермальных экосистем Прибайкалья // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья: Материалы междунар. конф. Читинский филиал БНЦ СО РАН. Чита, 1997. С. 28–30.
3. Ариунушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
4. Борисов С.Н. Стрекозы (Odomata) термальных источников Баргузинской впадины Байкальской

- рифтовой зоны // Евроазиатский энтомологический журнал. 2014. № 13(2). С. 121–132.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
 6. Геннадиев А.Н., Гептнер А.Р., Жидкин А.П., Чернянский С.С., Пиковский Ю.И. Экзотемпературные и эндотемпературные почвы Исландии // Почвоведение. 2007. № 6. С. 661–675.
 7. Голубев В.А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Гео, 2007. 222 с.
 8. Гольдфарб И.Л. Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2005. 25 с.
 9. Гольдфарб И.Л. Влияние гидротермальной деятельности на условия формирования и морфологический облик почв (на примере Камчатки) // Почвоведение. 1996. № 12. С. 1413–1419.
 10. Жамбалова А.Д. Засоленные почвы зон разломов Кучигерских гидротерм и их геохимические особенности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2018. 22 с.
 11. Завадская А.В., Семенов И.Н., Крупская В.В., Закусин С.В., Паничева Д.М. Трансформация почвенного и растительного покровов термальных экосистем под действием температурного фактора (на примере долины реки Гейзерной, Кроноцкий заповедник) // Тр. Кроноцкого гос. природного заповедника / Под ред. Токранова А.М. Петропавловск-Камчатский, 2017. Т. 5. С. 26–39.
 12. Захарихина Л.В. Особенности почвообразования и геохимии почв в условиях активного вулканизма (на примере Камчатки). Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2009. 35 с.
 13. Исаев В.П. Природные газы Баргузинской впадины. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 2006. 220 с.
 14. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов зон разломов (на примере Казахстана). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 119 с.
 15. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
 16. Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. 447 с.
 17. Корнблом Э.А., Михайлов И.С., Ногина Н.А., Таргульян В.О. Базовые шкалы свойств морфологических элементов почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1982. 55 с.
 18. Костюк Д.Н., Геннадиев А.Н. Почвы и почвенный покров долины гейзеров // Почвоведение. 2014. № 6. С. 643–653.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14060069>
 19. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Новосибирск: Наука, 2002. 340 с.
 20. Лунина, О.В. Гладков А.С., Неведрова Н.Н. Рифтовые впадины Прибайкалья: тектоническое строение и история развития. Новосибирск: Гео, 2009. 316 с.
 21. Лысак С.В. Тепловой поток в зонах активных разломов на юге Восточной Сибири // Геология и геофизика. 2002. Т. 43. № 8. С. 791–803.
 22. Макаров М.М. Пузырьковые выходы метана из донных отложений озера Байкал. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2009. 24 с.
 23. Намсараев Б.Б., Бархутова Д.Д., Данилова Э.В., Брянская А.В., Бурюхаев С.П., Гармаев Е.Ж., Горленко В.М., Дагурова О.П., Дамбаев В.Б., Зайцева С.В., Замана Л.В., Хахинов В.В., Татаринов А.В. Геохимическая деятельность микроорганизмов Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Гео, 2011. 302 с.
 24. Плешанов А.С., Тахтеев В.В. Рефугиумы в Байкальской Сибири как резерваты уникального биоразнообразия // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. 2008. № 1. С. 358–370.
 25. Плюсин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токранов О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2013. № 5. С. 647–664.
 26. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
 27. Почвы Баргузинской котловины. Новосибирск: Наука, 1983. 270 с.
 28. Семенов И.Н., Завадская А.В., Крупская В.В., Закусин С.В., Клинк Г.В., Паничева Д.М. Трансформация почвенного и растительного покрова в местах разгрузки гидротермальных вод долины реки Гейзерной (Кроноцкий государственный заповедник) // Материалы докл. Первой открытой конф. молодых ученых. Почвоведение: горизонты будущего, посвященной 90-летию института. Т. 1. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2017. С. 24–28.
 29. Сизых В.И., Тайсаев Т.Т., Лобанов М.П. Новые представления о генезисе четвертичных песчаных толщ Байкальской рифтовой системы // Доклады Академии наук. 2005. Т. 400. № 2. С. 219–223.
 30. Солнцева Н.П., Гольдфарб И.Л. Генетические модели почвообразования на территории современных термальных полей Камчатки // Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв (к 100-летию со дн. рожд. Ю. А. Ливеровского). М.—Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. С. 122–142.
 31. Солнцева Н.П., Гольдфарб И.Л. Геохимические особенности ландшафтов современных парогидротермальных месторождений Камчатки (на примере Паужетского месторождения) // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 1994. № 2. С. 65–73.
 32. Тайсаев Т.Т. Геохимия мерзлотных ландшафтов (на примере юга Сибири). Автореф. дис. ... док. геогр. наук. Иркутск, 1994. 51 с.
 33. Татаринов А.В., Абрамов Б.Н. Особенности формирования и перспективы на нефть и газ мезозойско-кайнозойских рифтогенных впадин Забайкалья // Геотектоника. 2001. № 4. С. 55–67.
 34. Татаринов А.В., Яловик Л.И., Канакин С.В. Особенности формирования и минеральные ассоциации литокомплексов грязевых вулканов на юге Восточной Сибири // Вулканология и сейсмология. 2016. № 4. С. 34–49.
<https://doi.org/10.7868/S0203030616030056>
 35. Тахтеев В.В., Плешанов А.С., Егорова И.Н., Судакова Е.А., Окунева Г.Л., Помазкова Г.И., Ситникова Т.Я., Кравцова Л.С., Рожкова Н.А., Галимзянова А.В. Основные особенности и формирование водной и наземной биоты в термальных и минеральных источниках Байкальского региона // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология, экология. 2010. Т. 3. С. 33–37.

36. Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г. Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 212 с.
37. Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Чижикова Н.П., Варламов Е.Б., Хитров Н.Б., Жамбалова А.Д. Солонцы зон тектонических разломов севера Баргузинской котловины (Бурятия, Россия) // Природа внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2017. № 2(3). С. 38–48. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2017-2-38-48>
38. Убугунов В.Л., Цыремпилов Э.Г., Черноусенко Г.И., Убугунова В.И., Жамбалова А.Д., Парамонова А.Е. Солончаки северной окраины центрально-азиатской аридной зоны // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 9.
39. Убугунов В.Л., Хитров Н.Б., Чижикова Н.П., Убугунова В.И., Варламов Е.Б., Жамбалова А.Д., Четченко Е.С. Свойства и минералогический состав темногумусовой квазиглеевой солончаковой солонцеватой криотурбированной мерзлотной почвы Баргузинской котловины (Бурятия) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 91. С. 62–94. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-62-94>
40. Черноусенко Г.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Убугунова В.И., Рухович Д.И., Убугунов В.Л., Цыремпилов Э.Г. Засоленные почвы Баргузинской котловины // Почвоведение. 2017. № 6. С. 652–671. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1706003X>
41. Чернявский М.К. Геоэкологические особенности термальных источников Баргузинского Прибайкалья и использование их в бальнеологических целях. Автореф. дис. ... канд. географ. наук. Улан-Удэ, 2006. 22 с.
42. Чернявский М.К., Плюсин А.М., Дорошкевич С.Г., Будаев Р.Ц. Рекреационно-бальнеологические особенности северо-восточной части Баргузинской котловины // География и природные ресурсы. 2018. № 2. С. 63–72. <https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2018-2>
43. Cross D. Soils and geology of some hydrothermal eruptions in the Waiotapu district // New Zealand J. Geology Geophysics. 1963. V. 6. № 1. P. 70–87. <https://doi.org/10.1080/00288306.1963.10420090>
44. Granin N.G., Muyakshin S.I., Makarov M.M., Kucher K.M., Aslamov I.A., Granina L.Z., Mizandrontsev I.B. Estimation of Methane fluxes from bottom sediments of Lake Baikal // Geo-Marine Lett. 2012. V. 32. № 5. P. 427–436. <https://doi.org/10.1007/s00367-012-0299-6>
45. Guidelines for soil description. FAO. Rome, 2006. 97 p.
46. Hewitt A.E. New Zealand soil classification, DSIR Land Resources Scientific Report, 1992. № 19. 133 p.
47. Hillel D.E., Baker R.S. A descriptive theory of fingering during infiltration into layered soils // Soil Science. 1988. V. 146. № 1. P. 52–56.
48. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192 p.
49. Kung K.J.S. Preferential flow in sandy vadoze zone: 2. Mechanism and implications // Geoderma. 1990. V. 46. № 1–3. P. 59–71.
50. Neale C.M.U., Jaworowski C., Heasler H., Sivarajan S., Masih A. Hydrothermal monitoring in Yellowstone National Park using airborne thermal infrared remote sensing // Remote Sensing of Environment. 2016. V. 184. P. 628–644. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.04.016>
51. Trettin C.C., Bartelli L.J. Characterization of Soils in Yellowstone National Park // University of Wyoming National Park Service Research Center Annual Report: V. 6, Article 25. (1982) http://repository.uwyo.edu/uwnpsrc_reports/vol6/iss1/25

Soil Morphology in the Impact Zone of Kuchiger Hydrotherms (Barguzin Depression)

N. B. Khitrov^{1,*}, V. L. Ubugunov², V. I. Ubugunova², Yu. A. Rupyshev², T. A. Ayushina²,
A. D. Zhambalova², E. G. Tsyrempilov², A. E. Paramonova², and Ts. N. Nasatueva²

¹Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 119017 Russia

²Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, 670037 Russia
*e-mail: khitrovn@gmail.com

First data on the morphology and physicochemical properties of soils forming in the zone of discharge of ascending deep thermal waters of the fluoride hydrosulfuric bicarbonate–sulfate–sodium composition (the Kuchiger hot springs) are presented. The soil cover along a transect crossing the mire with active gas-hydrothermal gryphons, the island within the mire, and the adjacent alluvial plain in the north of the Barguzin Depression near the village of Kuchiger village (Kurumkan district, Buryat Republic, Russia) was examined. Specific features of peat–muck gley soils (Eutric Rheic Sapric Histosols (Fluvic, Sodic)) of the mire are discussed. The profiles of weakly developed alluvial soils (Eutric Sodic Gleyic Fluvisols (Epiloamic, Endoarenic, Humic)) display the features of turbation under the impact of ascending gas-hydrothermal fluids impregnating organic and mineral soil horizons with condensed organic matter. These specific soil features are not described in the international and Russian soil classification systems. In this context, we suggest several new symbols to designate them: imp–impregnation of varying degree; int–intrusive material; and IMP–black strongly impregnated with organic matter sandy–silty horizon. These features can be considered diagnostic of some soils affected by the hydrothermal activity. The subtypes of impregnated and gas-hydrothermally turbated soils can be distinguished on their basis. Hypotheses for the genesis of soils along the transect and for the origin of island within the mire are suggested.

Keywords: Baikal Rift Zone, gas-hydrothermal fluids, soil morphology, impregnation with organic matter, soil classification, hydrogen sulfide, pyrite, soil salinity