



УДК 551.4.07+631.48

А. А. Гвоздкова

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: gvozdpochva@bk.ru*

Почвенно-пирокластические чехлы морских террас Камчатки (на примере бухты Солдатской)

Представлены результаты исследований почвенно-пирокластического покрова морской аккумулятивной террасы. Работы проводились в бухте Солдатской, расположенной на восточном побережье Камчатского полуострова. Морская аккумулятивная терраса в бухте Солдатской формировалась на протяжении последних примерно 5000 лет путём последовательного образования береговых валов. Растительные сообщества представлены псаммофитными приморскими лугами вблизи зоны штормового заплеска и тундровыми сообществами на древних береговых валах. Почвенно-пирокластический покров разновозрастных береговых валов изменяется с расстоянием от моря — от рыхлых, без гумуса, полностью песчаных почв до почв песчаных с плотным сложением, с пеплами и с маломощным перегнойно-торфяным горизонтом. Результаты химических анализов позволили получить некоторые количественные характеристики этих почв.

Введение

Бухта Солдатская имеет протяжённость около 5 км, на её побережье в голоцене сформировалась морская аккумулятивная терраса шириной примерно в 700 м (рис. 1). Возраст наиболее древних береговых валов, составляющих террасу, около 5 тысяч лет [7, 13, 15].

Почвы морской аккумулятивной террасы формируются на отложениях морского песка, поэтому все почвенные профили на террасе лёгкого гранулометрического состава. Именно песчаный почвенный профиль на морских отложениях является особенностью, которая более остальных выделяет исследованные почвы среди известных почв на Камчатке.

В августе 2009 г. на восточном побережье Камчатского полуострова в бухте Солдатской проводились комплексные исследования: геоботанические, почвенные и тедфростратиграфические. Целью проведённых нами исследований было выявление взаимосвязей между строением почвенно-пирокластического чехла и растительностью. В данной работе представлены результаты почвенных исследований, задачей которых было охарактеризовать почвы морской аккумулятивной террасы.

Краткий обзор сведений о почвах морских аккумулятивных террас

Почвы морских побережий до сих пор являются малоизученным объектом, хотя использование этих почв в Европе создало потребность знаний о них около 4–5 веков назад. В России морские побережья занимают огромные территории, а изучение почв этих территорий производилось в разных регионах лишь точечно, отдельными исследователями [19]. Почвы морских побережий чаще ассоциируются с исследованиями маршей, т. е. затопляемых тер-

риторий. Такие работы занимают большее место в научных исследованиях, чем изучение почв голоценовых морских аккумулятивных террас. Почвы неприливных прибрежных территорий в мировой литературе обычно привязываются к соответствующему ландшафту и описываются как болотные, дюнные, луговые и т. д. [10].

Краткий анализ публикаций, посвящённых почвам морских аккумулятивных террас мира, показал, что такие территории изучаются довольно редко, и ещё реже являются антропогенно не преобразованными и ненарушенными эрозией и другими экзогенными процессами [12, 18, 19]. Почвы морских террас Камчатки не описаны в русскоязычной литературе. В литературе, как отечественной, так и зарубежной, описывают камчатские погребённые почвы, а также уделяют внимание почвам на моренных, аллювиальных и вулканических отложениях [3, 5, 8, 11]. При определении времени, за которое был сформирован каждый из рассматриваемых почвенных профилей (т. е. времени за которое он был сформирован) на морской террасе, был использован метод тедфрохронологии, основанный на идентификации в почвенно-пирокластическом чехле датированных ранее вулканических пеплов. Области распространения идентифицируемых пеплов, источники их извержений и возраст были изучены ранее и представлены в литературе [14, 16, 17]. В ходе работ впервые были получены данные о строении почвенных профилей в районе наших исследований.

Методика исследований, схема образования морской аккумулятивной террасы

Расположение района работ на восточном побережье Камчатки показано на рис. 1. Побережье бухты омывается водами Берингова моря.

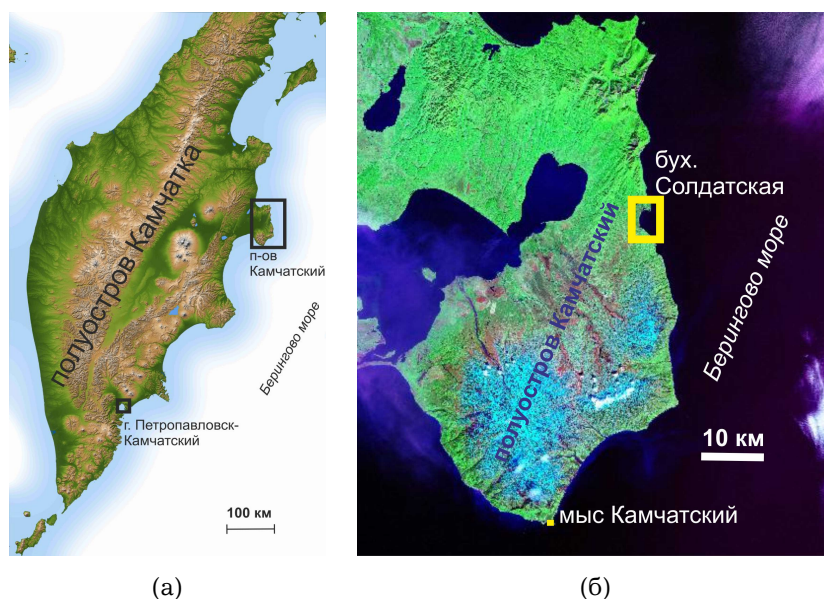


Рис. 1. Полуостров Камчатка (а) и расположение бухты Солдатской на полуострове Камчатский (б) (схемы построены на основе снимков SRTM и Landsat-7).

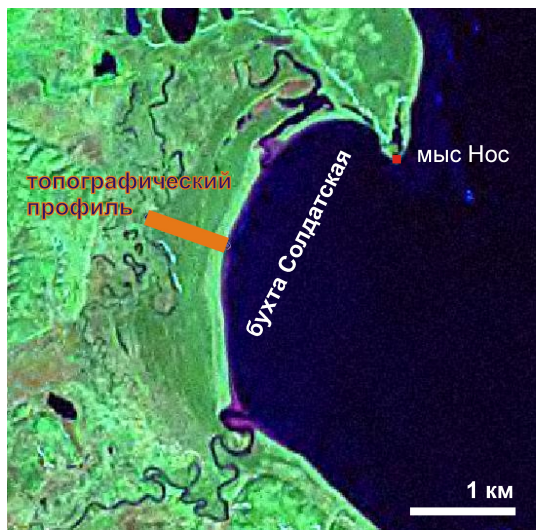


Рис. 2. Бухта Солдатская и положение измеренного топографического профиля



Рис. 3. Схематический разрез через морскую аккумулятивную террасу, отражающий историю её формирования [по 2, 7, 14].

Положение топографического профиля, вдоль которого проводились почвенные работы и закладывались шурфы, показано на рис. 2. Этот топографический профиль заложен примерно перпендикулярно береговой линии.

В шурфах были описаны почвенные профили и отобраны образцы из поверхностных горизонтов с диапазоном глубин примерно 5–15 см. Напочвенные органогенные образования из войлока, подстилки, оёса и т. п. не анализировались.

По результатам проведённых ранее геологических исследований [7], морская аккумулятивная терраса в бухте Солдатской сформировалась путём последовательного отложения песка в виде береговых валов, при этом поверхность суши постепенно выдвигалась в сторону моря (рис. 3). По мере появления молодой поверхности, пионерная растительность постепенно заселяла новые территории. Со временем на разных участках террасы растительные сообщества меняют свой видовой состав, включают большее количество видов. В результате, можно наблюдать, что на разных участках морской террасы размещаются разные растительные сообщества (рис. 4). На древних валах, где присутствие растительных сообществ в большей степени послужило развитию почвообразования, почвенный покров отличается от покрова на молодых участках террасы.

Результаты

По результатам полевых работ представлен схематический геологический профиль (рис. 4), вдоль которого проводились наши исследования. Показана информация о возрасте поверхности на разных участках и места заложения шурфов (в кружках с цифрами). Растительность меняется от моря в сторону суши от псаммогалофитных лугов к приморским кустарничковым тундрам, соответственно.

Результаты полевого морфологического анализа почв. От моря в сторону суши общие черты почвенного профиля изменяются. Профиль усложняется, дополняется маломощными органогенными и пес-

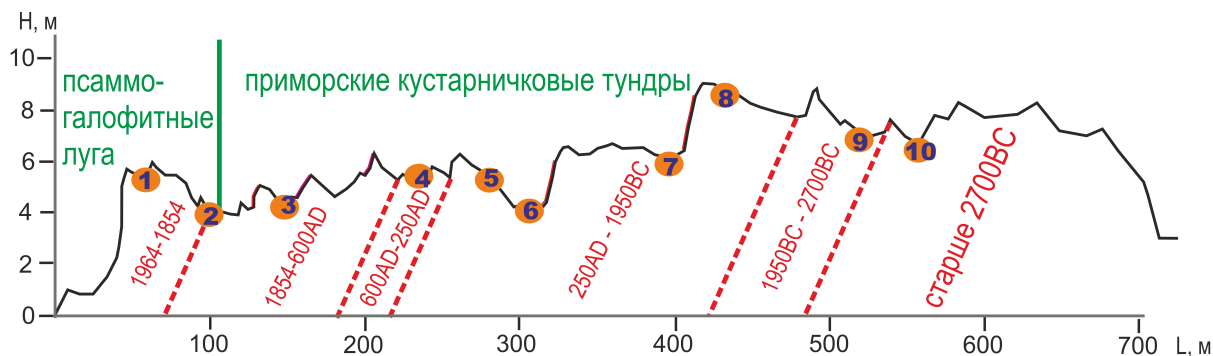


Рис. 4. Схематический геологический профиль морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской [7, 15].

чаными горизонтами. При удалении от моря почвы изменяются от профиля из рыхлого песка до более плотных песчаных почв с пеплами и маломощным перегнойно-торфяным горизонтом, с кочкарным микрорельефом, характерным для тундровой зоны. Климат данной местности определяет развитие морфологии почвенного профиля в таком направлении. Территория находится на границе умеренной и субполярной климатических зон по классификации Б. П. Алисова [9]. При более детальном рассмотрении, В. И. Кондратюк [4] выделяет камчатский климатический район в восточной приморской подобласти, который характеризуется морским, умеренным влажным климатом, но со значительно меньшим количеством осадков (800–900 мм), чем в других районах, и суммой активных температур всего 500–800°С.

Можно выделить следующие стадии изменения и усложнения строения почвенного профиля от моря в сторону суши:

1. Ближко к морю располагается почвенный профиль из морского рыхлого отмытого песка, холодной окраски, с отмершими не утратившими анатомического строения остатками пионерной растительности на поверхности. Слабо разложенные остатки колосняка (*Leymus mollis*) редко можно обнаружить в песчаном профиле, а не на поверхности. Нужно отметить, что пепел вулкана Шивелуч от извержения в 1964 г. присутствует повсеместно в бухте Солдатской в составе поверхностных почвенных горизонтов.

2. Далее от моря вышеописанный почвенный профиль из морского песка дополнен погребёнными под штормовыми наносами остатками пионерной растительности, разложенными или мало утратившими анатомическое строение (на рис. 4, шурф 1).

3. Далее в сторону суши в шурфах появляются маломощные горизонты бурого песка. Такой тёплый оттенок морской песок приобретает при наличии в материале гумуса бурого цвета. Эти горизонты многократно перекрываются в почвенном профиле отложениями штормовых наносов из отмытого песка (на рис. 4, шурфы 2, 3).

4. Ещё далее от моря, почвенный профиль заметно уплотняется с глубиной. Бурая песчаная толща

в верхних 20–40 см приобретает всё более тёмные и насыщенные оттенки, а слоистость, обусловленная штормовыми наносами, становится менее выраженной (на рис. 4, шурфы 3, 4). В строении почвенного профиля участвуют древние вулканические пеплы.

5. Наиболее сформированный профиль почвы на террасе отличается наличием оторфованного тёмного органогенного горизонта, характерного для почвенного покрова тундры. Мощность этого органогенного горизонта относительно маленькая — от 5 до 15 см, но данный горизонт представляет максимально возможное проявление процесса накопления органического вещества на исследуемой территории. Для участков с таким горизонтом характерно появление слабо выраженного кочкарного микрорельефа. Общее строение наиболее сформированного почвенного профиля следующее: под сухоторфянистой дерниной из корней кустарничков и с участием пепла вулкана Шивелуч 1964 г. расположен тёмный органогенный горизонт. Тёмный горизонт оторфованной органики залегает на плотной песчаной толще. Уплотнённый песок представлен множеством слоёв разной мощности — от 2 до 20 см бурой окраски разной интенсивности. Множество песчаных слоёв с окраской разной интенсивности может быть результатом перекрывания слабо выраженных органогенных горизонтов и дернины древними штормовыми наносами или наносами древних цунами (на рис. 4, шурфы 5, 6, 7, 8, 9).

6. Далее вглубь суши, оторфованный горизонт может исчезать, предположительно из-за изменения дренажной обстановки. Вместо него обнаруживается более растянутая толща песка с тёмно-бурой окраской от гумусовых веществ (на рис. 4, шурф 10).

Полученные наблюдения изменения строения почвенных профилей морской аккумулятивной террасы были сопоставлены с данными о растительном покрове и возрасте этой террасы (табл. 1).

Результаты химических анализов почв. Отобранные почвенные горизонты были проанализированы на показатели гидролитической кислотности, суммы обменных кальция и магния, содержание гумуса, на фракционный состав гумуса и рН.

Таблица 1. Отмеченные изменения свойств почв морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской

| Наблю- дения | Расстояние от моря, м | Возраст берегового вала | Отмеченные особенности свойств почв | Растительные сообщества и их особенность |
|-----------------|--------------------------|--------------------------------|--|--|
| 1 | от 50 до 100 м | от 50 до 150 лет | выраженный рыхлый песчаный профиль из отмытого морского песка (шурф 1) | псаммогалофитные луга |
| 2 | от 100 до 300 м | от 150 до 1800 лет | горизонты бурого песка из-за окраски гумусовыми веществами (шурфы 2, 3, 4) | приморская кустарничковая тундра с колосняком в аспекте* |
| 3 | от 300 до 600 м | от 1800 и более 4700 лет | встречается маломощный перегно-торфяной горизонт, мощностью менее 15 см (шурфы 5, 6, 7, 8, 10) | приморская кустарничковая тундра |
| 4 | 500 м | старше 4000 лет | единично отмечен более мощный перегно-торфяной горизонт, более 15 см (шурф 9) | приморская кустарничковая тундра |

*Аспект — внешний вид фитоценоза. Аспекты растительных сообществ в большей части сезонов постоянны, т. е. наблюдаются ежегодно [1].

Содержание гумуса в количестве менее 1% было зафиксировано в ближайших к морю шурфах № 1 и 2. По направлению в сторону суши, содержание гумуса становится выше, но изменяется хаотично от 2 до 17%. Такие разбросы процентного содержания гумуса являются очень экстремальными значениями и не позволили сделать каких-либо закономерных выводов.

Состав гумуса поверхностных горизонтов показал преимущественно переходный гуматно-фульватный тип гумуса (табл. 2), также в некоторых образцах отмечается фульватный и фульватно-гуматный гумус. Фульватный состав гумуса является легкогидролизуемым, в отличие от гуматного гумуса, и может быть получен при следующих условиях

Таблица 2. Тип гумуса в приповерхностных горизонтах почв морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской

| № шурфа | Сгк/Сфк* | Тип гумуса |
|---------|----------|--------------------|
| 1 | 0,5 | фульватный |
| 2 | 0,2 | фульватный |
| 3 | 0,6 | гуматно-фульватный |
| 4 | 0,7 | гуматно-фульватный |
| 5 | 0,6 | гуматно-фульватный |
| 6 | 1,2 | фульватно-гуматный |
| 7 | 1,0 | гуматно-фульватный |
| 8 | 1,3 | фульватно-гуматный |
| 9 | 0,9 | гуматно-фульватный |
| 10 | 1,1 | фульватно-гуматный |

*Сгк/Сфк — показатель отношения углерода фракции гуминовых кислот к фракции фульвокислот. Тип гумуса определяется этим показателем: гуматный — Сгк/Сфк ≥ 2, фульватно-гуматный — Сгк/Сфк от 1 до 2, гуматно-фульватный — Сгк/Сфк от 0,5 до 1, фульватный — Сгк/Сфк ≤ 0,5 [6].

в почвах: короткий период биологической активности в верхних горизонтах почв, кислая обстановка, ненасыщенность почв обменными основаниями (в частности, кальцием и магнием). Все эти условия при различных природных обстановках в разной степени определяют состав гумуса. Также существует предположение, что на начальных этапах гумификации малоразложившихся органических остатков в приповерхностных горизонтах почв возможно накопление фульвокислот [6].

Фульватный тип гумуса определен в шурфах на расстоянии 50–100 м от моря, на самых молодых береговых валах, где получено самое низкое содержание гумуса. С увеличением расстояния от моря, гумус становится переходного гуматно-фульватного типа. А переходный фульватно-гуматный тип гумуса появляется в шурфах на том же расстоянии от моря (300–600 м), где обнаружен маломощный перегно-торфяной горизонт.

Все почвы бухты имеют слабокислую реакцию среды (рис. 5), где минимальный показатель рН до 5,4. Местами встречается нейтральная среда с рН до 6,8. Такие значения и варьирование рН для почв, формирующихся в зоне пеплопадов вполне характерно. Тренд общего изменения рН в кислую сторону при удалении от моря весьма слабый.

Показатели гидролитической кислотности оказались низкими (рис. 6), что свойственно почвам с песчаным профилем. Гидролитическая кислотность отличается очень низкими показателями в двух шурфах на первых валах близ моря. На Камчатке поверхностные органоминеральные горизонты могут показать величину гидролитической кислотности до 50 мг-экв на 100 г почвы [3], а на графике среднее значение соответствует 14 мг-экв.

Сумма обменных кальция и магния слабо изменяется при продвижении от моря к суше, можно отметить лишь слабый тренд уменьшения обменных катионов при удалении от моря (рис. 7).

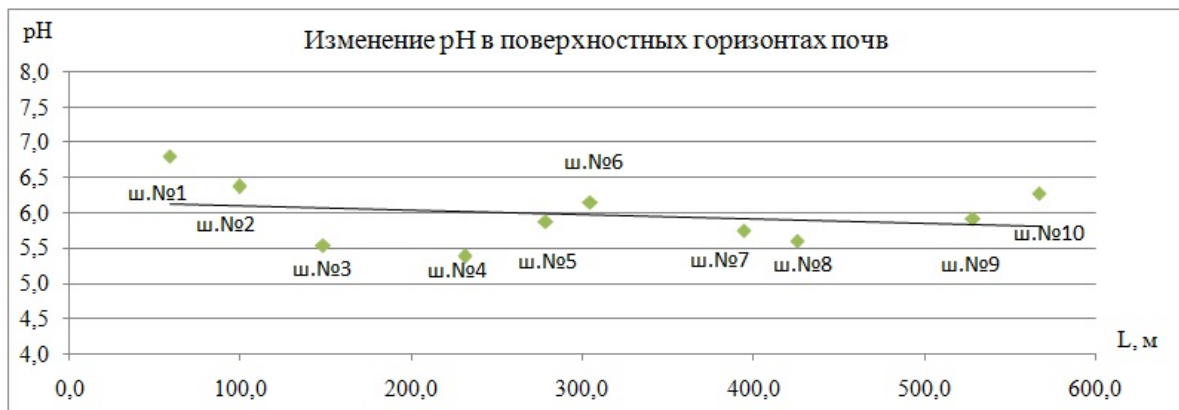


Рис. 5. График изменения показателя рН почв морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской.

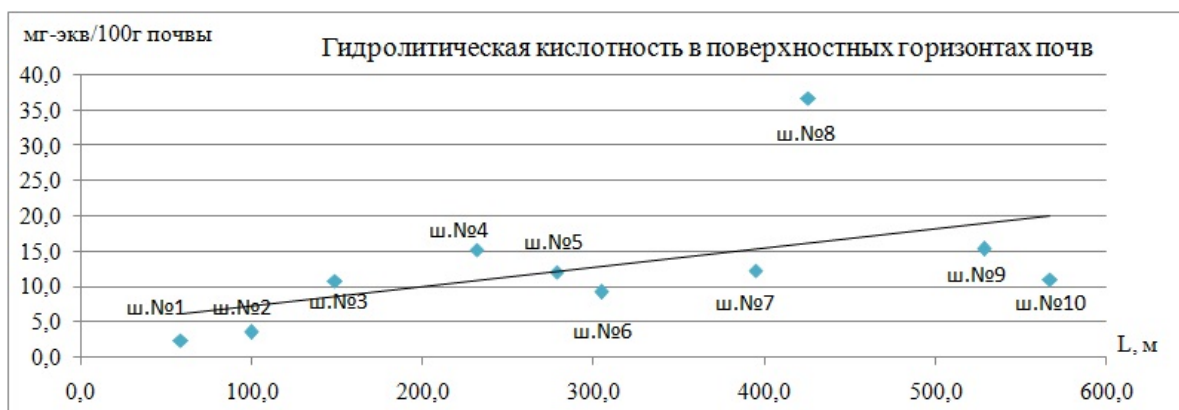


Рис. 6. График изменения гидролитической кислотности почв морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской.

Полученная сумма обменных кальция и магния оказалась крайне низкой. По литературным данным, большинство почв Камчатки имеет величины в 2–3 раза выше полученных, при том обстоятельстве, что для почв Камчатки характерно низкое содержание обменных оснований.

Наиболее показательные результаты для представления изменения свойств почв при удалении от моря получились по величине степени насыщенности основаниями (рис. 8). Степень насыщенности почв основаниями в данной работе рассчитывалась как процентное отношение величины «суммы обменных кальция и магния» к сумме показателей «гидролитической кислотности» и «суммы обменных кальция и магния».

Падение показателя степени насыщенности основаниями в сторону удаления от моря может объясняться следующими полевыми наблюдениями. В сторону суши почвенный покров изменяется от очень рыхлого отмытого морского песка до более плотной, менее сыпучей толщи бурого песка. На расстоянии около 300 м от моря, вблизи дневной поверхности отмечены маломощные перегнойно-торфяные горизонты. Ближе к морю в отмытом песке, в котором нет визуальных признаков следов органики и тонкодисперсных минералов, кальций и магний ничем

не поглощаются, а постоянно находятся в обменной форме. Предположительно, обменные основания даже привносятся за счёт механизма импульверизации солей. Для восточного побережья Камчатки характерно большое количество атмосферных осадков, которое обуславливает нисходящее перемещение веществ по профилю почвы, в том числе оснований. Несмотря на это, наиболее близко расположенные к морю почвы могут испытывать привнесение солей. Из-за отсутствия органики в профиле почв, расположенных близ моря, гидролитическая кислотность в них минимальная и не оказывает существенного влияния на уменьшение степени насыщенности основаниями.

При удалении от моря, привнесение кальция и магния за счёт импульверизации солей ослабевает. Но степень вымывания веществ осадками не изменяется. На расстоянии от моря обменные основания, также как и вблизи моря, не накапливаются в профиле почв, а быстро вымываются дождевыми осадками в хорошо дренированных почвах. При удалении от моря гидролитическая кислотность, не смотря на низкие показания, приобретает всё больший вес в подсчете степени насыщенности основаниями. Поэтому степень насыщенности почв основаниями уменьшается с изменением других

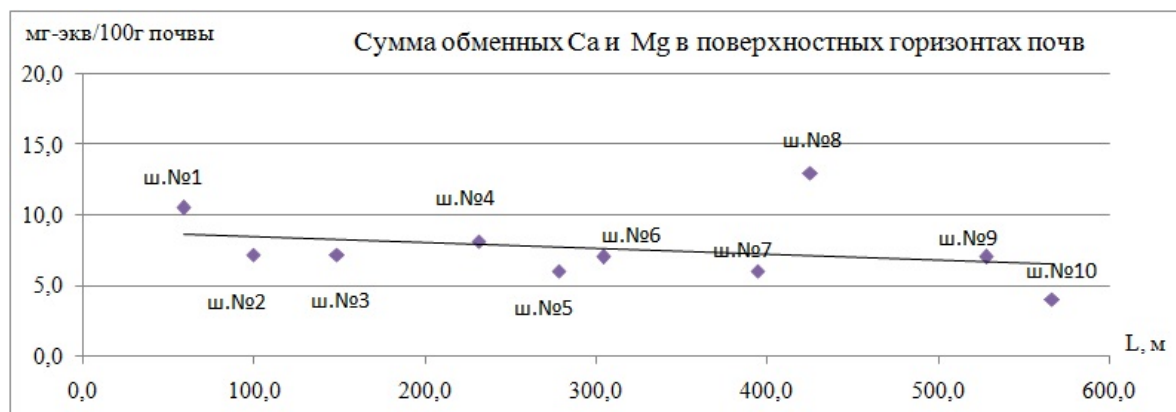


Рис. 7. График изменения суммы обменных кальция и магния в почвах морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской.

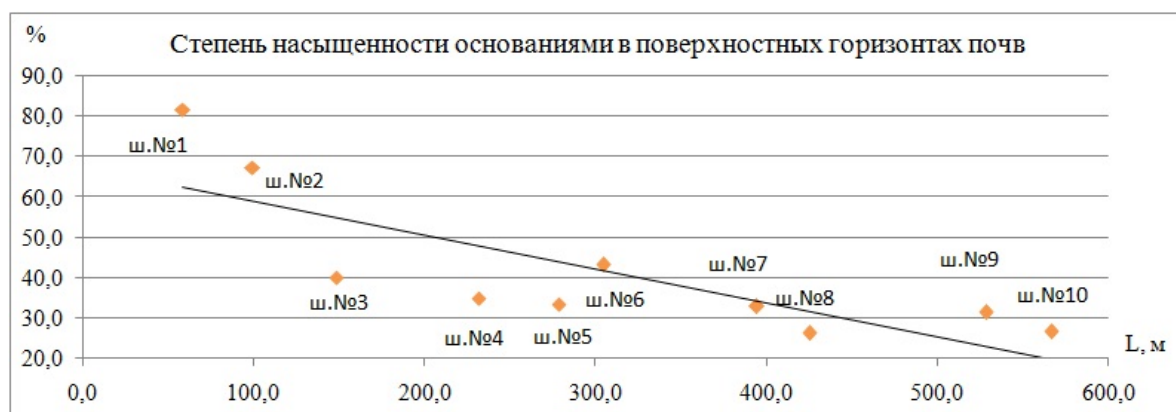


Рис. 8. График изменения степени насыщенности основаниями в почвах морской аккумулятивной террасы бухты Солдатской.

условий (с увеличением возраста береговых валов, уплотнением песчаного профиля почв, нарастанием признаков процесса гумусонакопления, нарастанием проявления окраски органических веществ).

Выводы

1. Почвы морской террасы бухты Солдатской изменяют морфологические свойства при удалении от моря и сопутствующем увеличении возраста береговых валов.

2. Полученные величины показателей pH, гидролитической кислотности, суммы обменных кальция и магния в поверхностных горизонтах почв можно связать с близким расположением почв к морю.

3. Изменение расчётного показателя степени насыщенности почв основаниями можно связать с различным расстоянием исследованных почв от моря.

Гранты и благодарности

Автор благодарит Л. В. Захарихину за выделение средств и организацию химических анализов 2009 г. в НИГТЦ ДВО РАН; Е. А. Кравчуновскую за выделение средств на проведение и организацию химических анализов 2009 г. по гранту ДВО 09-III-B-08-468. Изучение геологического строения морских аккумулятивных террас и их датирование

проводилось в 1998, 2003 и 2009 гг. при поддержке грантов NSF № EAR 0125 787 (to Bourgeois), РФФИ № 03-05-64 584, 03-05-78 027 (рук. Пинегина), ДВО 09-III-B-08-468 (рук. Кравчуновская). Автор благодарит Т. К. Пинегину и Е. А. Кравчуновскую за советы и пожелания при написании статьи и за научное руководство при написании отдельных разделов в статье.

Список литературы

1. Быков Б. А. Геоботанический словарь. Алма-Ата: Издательство «Наука» КазССР, 1973. 214 с.
2. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Издательство Академии наук СССР, 1962. 710 с.
3. Карпачевский Л. О. и др. Почвы Камчатки. М.: ГЕОС, 2009. 224 с.
4. Кондратюк В. И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеоздат, 1974. 202 с.
5. Ливеровский Ю. А. Почвы равнин Камчатского полуострова. М.: Издательство Академии наук СССР, 1959. 130 с.
6. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Суханова Н. И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.
7. Пинегина Т. К., Кравчуновская Е. А., Ландер А. В. и др. Голоценовые вертикальные движения побере-

- жья полуострова Камчатский (Камчатка) по данным изучения морских террас // Вестник КРАУНЦ. 2010. № 1. Вып. № 15. С. 100–116.
8. Соколов И. А. Вулканизм и почвообразование. М.: Наука, 1973. 224 с.
 9. Хромов С. П., Петросяну М. А. Метеорология и климатология. М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2006. 528 с.
 10. Шляхов С. А., Костенков Н. М. Почвы Тихоокеанского побережья России, их классификация, оценка и использование. Владивосток.: Дальнаука, 2000. 183 с.
 11. Baumler R., Zech W. Quaternary paleosols, tephra deposits and landscape history in South Kamchatka, Russia // Catena. 41. 2000. P. 199–215.
 12. Botha G., Porat N. Soil chronosequence development in dunes on the southeast African coastal plain, Maputaland, South Africa // Quaternary International. Volumes 162–163. March 2007. P. 111–132.
 13. Bourgeois J., Pinegina T.K., Ponomareva V.V. et al. Holocene tsunamis in the southwestern Bering Sea, Russian Far East and their tectonic implications // The Geol. Soc. Amer. Bull. 2006. Vol. 11 (3/4). P. 449–463.
 14. Braitseva O.A., Ponomareva V. V., Sulerzhitsky L. D. et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia // Quaternary Res. 47. 1997. P. 125–139.
 15. Kravchunovskaya E. A., Pinegina T.K., Bourgeois J. Active-Margin Coastal Morphology as a Reflection of Holocene Seismotectonic Evolution: An Example From Eastern Kamchatka, Southwestern Bering Sea. // Abstract for AGU Fall Meeting. 2004.
 16. Ponomareva V. V., Churikova T. G., Melekestsev I. V. et al. Late Pleistocene — Holocene Volcanism on the Kamchatka Peninsula, Northwest Pacific region. In: Eichelberger J., Gordeev E., Kasahara M., Izbekov P., Lees J. (Eds) «Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region», American Geophysical Union Geophysical Monograph Series, Volume 172. 2007. P. 165–198.
 17. Ponomareva V. V., Kyle P. R., Pevzner M. M. et al. Holocene eruptive history of Shiveluch volcano. Kamchatka Peninsula. In: Eichelberger J., Gordeev E., Kasahara M., Izbekov P., Lees J. (Eds) «Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region», American Geophysical Union Geophysical Monograph Series, Volume 172. 2007. P. 263–282.
 18. Scarciglia F., Pulice I., Robustelli G., Vecchio G. Soil chronosequences on quaternary marine terraces along the northwestern coast of Calabria (Southern Italy) // Quaternary International. Volumes 156–157. November 2006. P. 133–155.
 19. Tseits M. A., Dobrynin D. V. Classification of Marsh Soils in Russia // Eurasian Soil Science. 2005. Vol. 38. P. 844–848.