

**МИКРОБИОМОРФЫ ДЕРНОВО-СОЛОДИ И ПОГРЕБЁННОЙ ОРГАНО-АККУМУЛЯТИВНОЙ КВАЗИГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**© 2023 Н. Ю. Лада , Н. П. Миронычева-Токарева *ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: n.lada@issa-siberia.ru***Цель исследования:** реконструкция условий формирования почв лесостепной зоны с использованием характеристик почв и микробиоморфного анализа.**Место и время проведения.** Изучен педокомплекс берёзового колка в пределах Новосибирской области, представляющий собой современную дерново-солодь, а также погребённую почву. Образцы для исследования отобраны в 2014 г.**Методы.** Для выявления особенностей профиля колочного педокомплекса использовали микробиоморфный анализ и сравнительно-аналитические методы почвоведения.**Основные результаты.** Выявлены несколько пиков максимального накопления фитоцитов в микробиоморфном профиле дерново-солоди. Наибольшее количество фитоцитов приурочено к элювиальному горизонту. Значительную долю составляли фитоциты степных злаковых растений и удлинённые палочковидные формы двудольных трав (разнотравье, бобовые и др.). Диатомовые водоросли присутствовали во всей толще почвенного профиля, включая погребённую почву; при этом спикулы губок единичны.**Заключение.** На первом этапе своего формирования погребённая почва прошла степную стадию развития (преобладание степных злаков) с зарастанием лугово-лесной растительностью на современном этапе развития (увеличение доли лесных и луговых злаков). Наличие панцирей диатомовых водорослей характерно для почв, на поверхности которых происходит застаивание вод. Их накопление связано с сезонным затоплением берёзового колка. Зимой здесь накапливается много снега, весной и в начале лета долго стоит вода. В периоды влажных лет, когда уровень грунтовых вод поднимается и поверхность зарастает тростником, наблюдается появление форм фитоцитов, характерных для тростника, спикул губок и других индикаторов повышенного увлажнения. Таким образом, микробиоморфный состав погребённой органо-аккумулятивной почвы отражает её формирование.**Ключевые слова:** почвы; фитоциты; микробиоморфный метод; дерново-солодь; лесостепь; Кулунда**Цитирование:** Лада Н.Ю., Миронычева-Токарева Н.П. Микробиоморфы дерново-солоди и погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почвы лесостепи Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 1. с192. DOI: [10.31251/pos.v6i1.192](https://doi.org/10.31251/pos.v6i1.192)**ВВЕДЕНИЕ**

Микробиоморфные комплексы консервируются в почве на протяжении длительного времени и остаются в пределах изучаемой территории. Так как микробиоморфы отражают те условия, в которых сформировалась почва в прошлом, их можно охарактеризовать термином «почва-память» (Tagulyan, Sokolova, 1996). Фитоциты, панцири диатомовых водорослей, спикулы губок и другие кремнеземистые образования обладают высокой устойчивостью и сохранностью. В палеоэкологических исследованиях широко применяют фитоцитный анализ, который является частью микробиоморфного метода. Фитоциты, образующиеся в результате окремнения клеток растений, имеют диагностическое значение, и могут использоваться при реконструкции экологических и климатических условий формирования почв (Lu, Liu 2003; Piperno, 2006; Гольева, 2008б; Lisztes-Szabó et al., 2014; Blinnikov et al., 2021).

Исследование фитоцитного состава профилей различных фитоценозов степных и таёжных почв Западной Сибири в различные годы проводили Г.В. Добровольский и С.А. Шоба (1978), Д.А. Гаврилов и С.В. Лойко (2016), М.Ю. Соломонова с соавторами (2018). В луговых почвах Среднеамурской низменности на основании анализа валового состава и микробиоморфного анализа Г.В. Харитонов с соавторами (2013) выявили преобладание луговых форм фитоцитов злаков по всему почвенному профилю. Фитоцитный состав лесостепи России изучали достаточно подробно в европейской части (Gol'eva, Aleksandrovskii, 1999). Фитоцитный состав чернозёмов

лесостепной зоны юга Западной Сибири описан в наших работах (Лада, 2017а, б). Однако фитолитный состав солодей и осолоделых почв исследован только в почвах европейской части России (Гольева, 2008а).

Целью данного исследования являлась реконструкция условий формирования почв лесостепной зоны с использованием характеристик почв и микробиоморфного анализа Кулундинской лесостепи на примере дерново-солоди и выявление особенностей распределения фитолитов по профилю.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лесостепь Кулундинской равнины является одним из самых сложных регионов Западно-Сибирской низменности с точки зрения исследования эволюции почв и почвенного покрова. Для данной территории свойственно чередование высоких грив и разделяющих их понижений и микрозападин (Абрамович, 1960).

Общей тенденцией пространственного распределения почв в озёрных впадинах является экспозиционная дифференциация ксероморфных и мезоморфных почв на склонах и смена их почвами гидроморфного ряда на нижних гипсометрических уровнях (Хмелев, Танасиенко, 2009). На протяжении десятилетий ведутся дискуссии по поводу происхождения, взаимовлияния, направленности и стадильности развития лесостепных почв (Тюрин, 1965; Ахтырцев, 1992; Aleksandrovskii et al., 1997).

В отрицательных формах рельефа – блюдцеобразных западинах, занятых берёзовыми и берёзово-осиновыми колками или же луговой и болотной растительностью формируются педокомплексы солоди. Почвообразующими породами служат покровные суглинки или делювиальные отложения (Угланов, 1981). Установлено, что почвы микрозападин юга Западной Сибири формируются в сложных динамических условиях (Сапрыкин и др., 2020). Одним из свидетельств этого является наличие погребённых почв.

Исследования проводили на территории Северо-Кулундинской озёрно-аллювиальной равнины, расположенной в южной части Западно-Сибирской низменности в пределах Обь-Иртышского междуречья. Климат местности характеризуется как умеренно тёплый и недостаточно увлажнённый. Среднегодовое количество выпадающих осадков составляет 270–300 мм. Территория отличается недостаточным увлажнением (коэффициент увлажнения равен 0,7–0,8), высоким дефицитом влажности воздуха летом и частыми засухами и суховеями (Почвы..., 1966).

Объект исследования – педокомплекс дерново-солоди на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве представлен разрезом с координатами 53°54'17,96" с.ш. и 77°09'09,68" в.д., располагающийся в микропонижении берёзового колка (рис. 1).



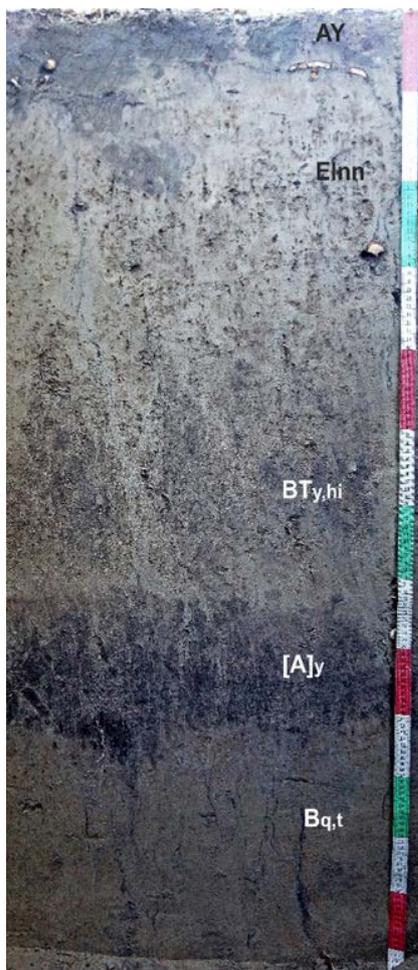
Рисунок 1. Месторасположение объекта исследования.

Древесный ярус представлен берёзой повислой (*Betula pendula*), сомкнутость крон составляет 0,5–0,2. Кустарниковый ярус представлен небольшими куртинами шиповника (*Rosa acicularis*), спиреи (*Spiraea crenata*), кизильника (*Cotoneaster melanocarpus*). Проективное покрытие травяного яруса колеблется в пределах 50–60%, основу травостоя образуют злаки: вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum*) мятлик луговой (*Poa pratensis*), кострец безостый (*Bromopsis inermis*), горошек тонколистный (*Vicia tenuifolia*) и осока ранняя (*Carex praecox*).

На рисунке 2 представлено фото профиля дерново-солоди сегрегационно-отбелённой (конкреционной) на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве и дано его морфологическое описание (Классификация..., 2004), проведённое Б.А. Смоленцевым в 2014 году.

Для аналитических исследований образцы почв отбирали из профиля колонкой снизу вверх по генетическим горизонтам. Для микробиоморфного анализа отбор проб производили через каждые 10 см с соблюдением границ горизонтов. Образцы укладывали в полиэтиленовые пакеты с пометкой на этикетке места и даты отбора, номера почвенного разреза, горизонта и глубины. Высушенную почву растирали в фарфоровой ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 или 0,25 мм (в зависимости от предполагаемого анализа).

Показатели химического состава в почвенных образцах определили по стандартным методикам: содержание органического углерода – мокрым сжиганием в сернокисло-хромовой смеси по методу И.В. Тюрина; рН водной суспензии – потенциометрическим методом; количество CO₂ карбонатов – методом Шейблера с помощью кальциметра по прописи, представленной А.В. Петербургским (Аринушкина, 1970); гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому (1958). Содержание обменных катионов (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) в почвенных образцах определили по методу Каппена (ГОСТ 27821-2020), полученные значения рассчитывали на воздушно-сухую навеску.



AY (0–8) – серогумусовый (дерновый) горизонт. Серый, свежий, суглинистый, мелко-комковатый, слабо уплотнен, сильно переплетён корнями растений, много корней древесной растительности диаметром до двух см. Переход ясный по окраске, граница волнисто-карманная.

Elnn (8–44) – элювиальный (осолоделый) горизонт. На общем белёсом фоне мелкие чёрно-ржавые пятнышки (3–5 мм). Свежий, супесчаный. Комковато-плитчатый, наблюдается горизонтальная делимость агрегатов. Слабо уплотнен. Новообразования в виде обильной кремнезёмистой присыпки и железисто-марганцевых конкреций в виде дробовин размером до 5 мм в диаметре, занимающих более 20 % площади горизонта. Встречаются корни древесной растительности и мелкие корни травянистой. Отдельные корни уходят в нижние горизонты, вертикально пронзают их. По ходам корней вниз проникает кремнезёмистая присыпка, образуя белёсые затёки и языки. Переход заметный по окраске, граница перехода волнисто-затёчная.

BTy,hi (44–73) – текстурный горизонт. Окраска неоднородная пятнистая: на общем буром фоне серые пятна и вертикально вниз направленные белёсые языки шириной до 7 см. Свежий, лёгкий суглинок, непрочной комковато-ореховатой структуры, уплотнён. Обильная кремнезёмистая присыпка в белёсых затёках и языках. Гумусовая пропитка некоторых агрегатов. Переход ясный по окраске и гранулометрическому составу, граница перехода ровная.

[A]y (73–92) – погребённый гумусовый горизонт. Окраска неоднородная, очень пестрая, создаваемая узором тёмно-серых пятен с многочисленными белёсыми прожилками. Увлажнён, тяжёлый суглинок. Крупичато мелко-комковатый, уплотнён, липкий, корни растений, кремнезёмистая присыпка по языкам и прожилкам. Переход ясный по окраске, граница перехода волнисто-языковатая.

[Bq,t] (92–120) – бурый с ржавыми и оливковыми пятнами, серыми вертикальными узкими прожилками, влажный, липкий, средний суглинок, комковатый. Новообразования в виде пятен окисного и закисного железа. Плёнки гумуса и полугорных окислов. Редкие корни растений. Граница перехода постепенная по окраске, слабо волнистая.

[BCsa] (120–150) – палевый, пронизан узкими вертикальными серыми прожилками, средний суглинок сильно опесчаненный, влажный. Структура не прочно не ясно комковатая. Единичны корни растений. В нижней части наблюдается слабое вспучивание от 10% HCl.

Фото Б.А. Смоленцева

Рисунок 2. Профиль дерново-солоди на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве и его морфологическое описание.

Для выявления изменений растительного покрова в условиях почвообразования осолоделых почв использовали микробиоморфный метод, включающий в себя фитоолитный метод, метод диатомовых водорослей и спикул губок, проводимых по единой методике (Гольева, 2008а). Так как микробиоморфы являются индикаторами особенностей функционирования почв, не влияя на функционирование вмещающей их среды (Гольева, 2001), их можно использовать для определения экологических условий формирования почвенного покрова изучаемой территории.

Брали навеску нерастёртой почвы, кипятили в 10% HCl. Затем отмучивали (10–20 повторностей) до полного удаления илистой фракции. Пылеватую фракцию высушивали и центрифугировали в тяжелой жидкости (KI+CdI, $\rho = 2,3 \text{ г/см}^3$) при 1000 об/мин. Далее высушенную пробу исследовали под микроскопом ($\times 400$) (МИКМЕД-6, «ЛОМО», Россия). Микробиоморфы определяли и подсчитывали с использованием Международного кода номенклатуры фитоолитов (Neumann et al., 2019) и экологической классификации А.А. Гольевой (2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Показатели гранулометрического и химического состава почвы. Дерново-солодь сегрегационно-отбелённая (конкреционная) на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве сформирована в центре микрозападины берёзового колка. Гранулометрический состав исследованного профиля показывает его двучленное строение. Верхняя часть профиля, представленная дерново-солодью, имеет более легкий гранулометрический состав по сравнению с погребённым профилем органо-аккумулятивной почвы. Гранулометрический состав дерново-солоди изменяется от среднесуглинистого в поверхностном горизонте до супесчаного – в элювиальном. Преобладающими фракциями являются пылеватая и песчаная. На долю ила приходится 6,6–13,4%. Гранулометрический состав погребённой почвы средне- и тяжелосуглинистый. Последний наблюдается в органо-аккумулятивном горизонте, где преобладают пылеватая и илистая фракции. Вниз по профилю погребённой почвы значения илистой фракции изменяются незначительно, но резко снижается количество пыли и растёт доля песка.

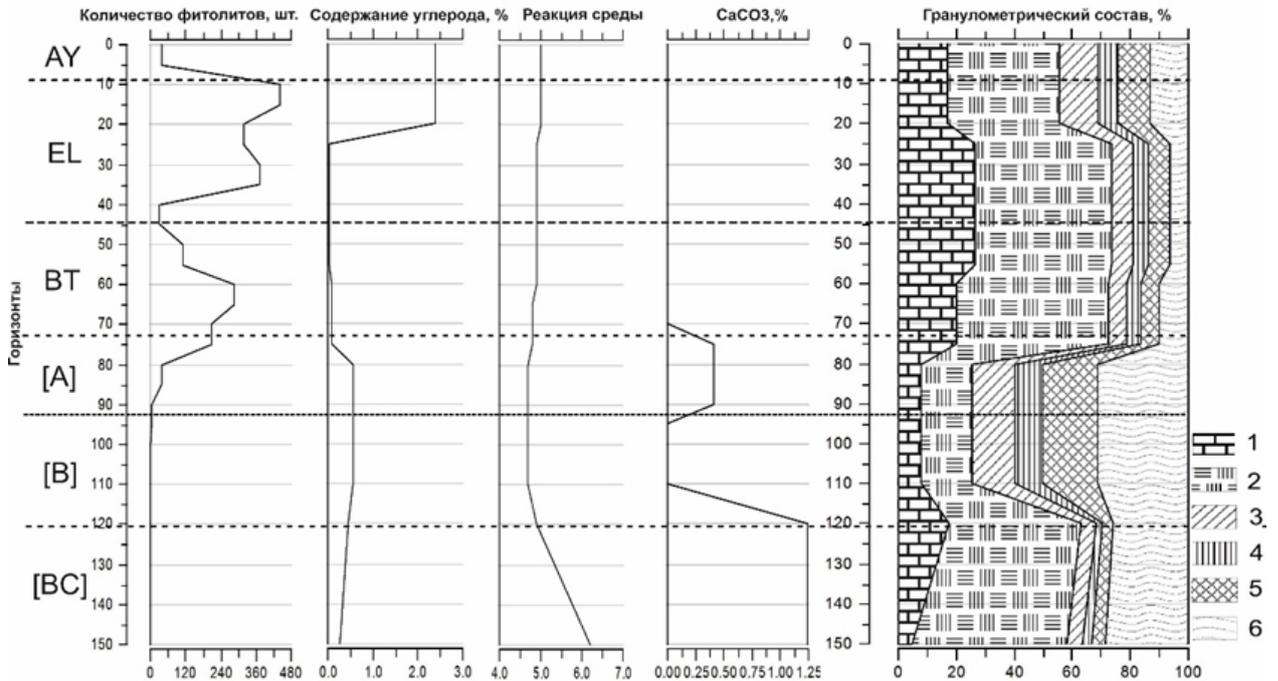
С результатами гранулометрического состава согласуются химические свойства почвы. В распределении органического углерода по профилю дерново-солоди зафиксировано несколько пиков наибольшего его накопления: в серогумусовом горизонте – 2,4% с уменьшением вниз по профилю до 0,26–0,45%, затем некоторое увеличивается до 0,56% в погребённом гумусовом горизонте с последующим снижением. Реакция среды по профилю среднекислая ($\text{pH}_{\text{вод}} = 4,7\text{--}5,0$); слабокислая – в самом низу почвенного профиля ($\text{pH}_{\text{вод}} = 6,2$) (рис. 3). В составе обменных оснований преобладает кальций. Сумма обменных катионов возрастает с 5,1 мг-экв в текстурном горизонте до 19,2 мг-экв/100 г почвы в переходном к почвообразующей породе горизонте ВС (140–150 см) (таблица). Повышенное содержание обменного натрия во всех горизонтах исследованного профиля свидетельствует о том, что погребённая и дневная почвы развиваются по солонцовому типу почвообразования.

Таблица

Показатели химического состава дерново-солоди

Горизонт	Глубина, см	Обменные катионы			Сумма обменных катионов	Na ⁺ , % от суммы обменных катионов
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
		мг-экв/100 г почвы				
AУ	0–8	8,76	1,97	0,37	11,1	3,3
ELnn	8–44	3,42	1,77	0,33	5,5	6,0
BТу,hi	44–73	3,00	1,77	0,37	5,1	7,2
[A]y	73–92	10,2	6,00	1,03	17,2	6,0
[Bq,t]	92–120	9,84	5,12	0,87	15,8	5,5
[BCca]	120–150	12,31	5,81	1,03	19,2	5,4

Микробиоморфный анализ почвы. По микробиоморфным данным в серогумусовом горизонте АУ солоди (0–8 см) доминируют степные злаки (42%) (рис. 4). Это соответствует продуцируемым фитолитам в составе современного растительного сообщества. Подобные морфотипы формируются преимущественно у ксерофитов и мезофитов, отмечены в фитолитных комплексах степных злаков (Сперанская и др., 2016, 2018; Лада, Гаврилов, 2016).



Фракции гранулометрического состава, мм: 1 – 1–0,25; 2 – 0,25–0,05; 3 – 0,05–0,01; 4 – 0,01–0,005; 5 – 0,005–0,001; 6 – <0,001.

Рисунок 3. Количество фитолитов, содержание органического углерода, реакция среды, количество карбонатов и гранулометрический состав в горизонтах дерново-солоди на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве.

Также в верхних слоях профиля содержится 10% крупных форм фитолитов (BULLIFORM FLABELLATE), являющихся диагностическими морфотипами для тростника (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), выступающего в качестве индикатора повышенного увлажнения. В существующем на настоящий момент времени растительном сообществе присутствует тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) в небольшом количестве. Обнаружены диатомовые водоросли – 7% от общего числа микробиоморф. Наличие диатомовых водорослей говорит о повышенном гидроморфизме в верхних горизонтах дерново-солоди, что типично для почв микрозападин в определённые периоды года (Сапрыкин, 2021).

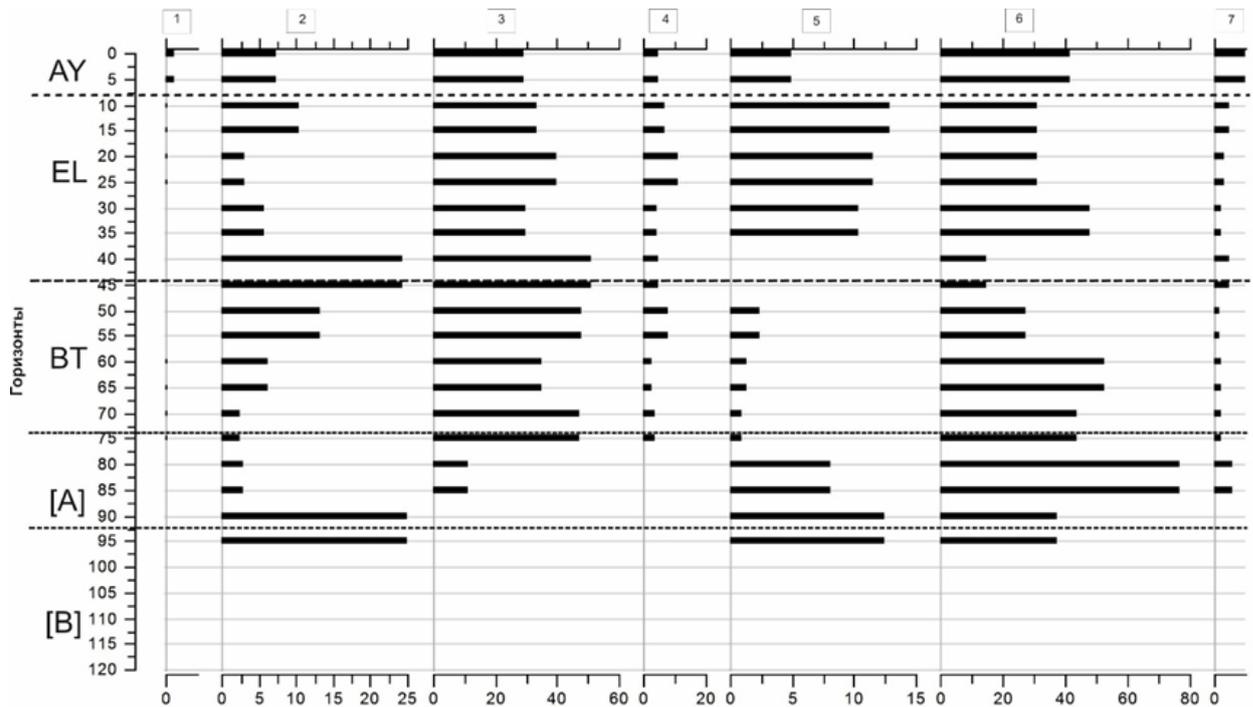


Рисунок 4. Распределение фитоцитов в дерново-солоди на погребённой органо-аккумулятивной квазиглееватой почве (%): 1 – спикулы губок, 2 – диатомовые водоросли, 3 – двудольные (ELONGATE ENTIRE – название по ICPN.2.0, здесь и далее в скобках), 4 – лесные злаки (ACUTE VULBOSUS with large base), 5 – луговые (ACUTE VULBOSUS with small base, VILOBATE, ELONGATE SINUATE, POLYLOBATE), 6 – степные (RONDEL conical, RONDEL trapeziform), 7 – тростник (BULLIFORM FLABELLATE).

В элювиальном EL (8–44 см) горизонте накопление фитоцитов максимальное. По верхней его границе фитоцитный состав по сравнению с вышележащим горизонтом практически не меняется, лишь увеличилось количество луговых (ACUTE VULBOSUS with small base) и лесных злаков (ACUTE VULBOSUS with large base). Фитоциты ACUTE VULBOSUS формируются в значительном числе у мезофильных злаков (Гольева, 2001; Сперанская и др., 2018, Solomonova et al., 2018). В нижней части горизонта EL происходит обеднение фитоцитного состава, а 24% встреченных микробиоморф составляют диатомовые водоросли. Следовательно, имело место сильное увлажнение на границе с текстурным горизонтом.

В текстурном горизонте BT происходит количественное возрастание фитоцитов. Количество удлиненных форм фитоцитов составляет 35–48% от всех выделенных форм. Данная форма является основным морфотипом двудольных растений (Гольева, 2001). А также они образуются у многих растений различных семейств (Wallis, 2001; Лада, Гаврилов, 2016). Доля фитоцитов, относящихся к лесным злакам, снижается до полного отсутствия в нижних горизонтах профиля.

В гумусовом погребённом горизонте зафиксировано резкое снижение количества фитоцитов. Доминируют формы фитоцитов, относящихся к степным злакам, составляющие 73%. Отсутствуют фитоциты лесных злаков. Возможно, в прошлые стадии почвообразования в составе растительности доминировали представители степных сообществ.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ценотического состава фитоцитов и соотношения форм по профилю дерново-солоди позволил оценить особенности его формирования. В верхнем серогумусовом горизонте (0–8 см) доминируют фитоциты степных злаков, а также формы двудольных трав. Зафиксированы крупные формы фитоцитов тростника.

Элювиальный горизонт (8–44 см) разделяется на два слоя. На глубине 10–15 см фиксируется пик наибольшего накопления микробиоморф в профиле исследуемой почвы. Возрастает количество форм фитоцитов лесных и луговых злаков. На глубине 25 см количество диатомовых водорослей снижается на фоне общего уменьшения количества микробиоморф. Ниже, на глубине

35 см, фиксируется возрастание количества степных форм при снижении форм двудольных трав и лесных злаков.

В текстурном горизонте на глубине 65 см отмечается третий пик максимального накопления фитолитов, 50% из всех форм фитолитов составляют степные злаки. Сравнительный анализ микробиоморфных профилей дерново-солоди, чернозёмов, стратозёмов и солонцов на исследуемой территории (Лада, Смоленцев, 2015; Лада, 2017б) показал, что изученные почвы имеют общий набор морфотипов фитолитов. В их гумусовых горизонтах преобладают фитолиты степных злаков. Пик распределения микробиоморф отмечается на глубине 10–15 см. Это объясняется тем, что проникновение фитолитов в почву с глубиной связано с её гранулометрическим составом. Предположительно, чем легче гранулометрический состав почв, тем глубже проникновение фитолитов, в более тяжёлых горизонтах микробиоморфы выносятся в меньшей степени (Гольева, 2001; Аристовская, Кутузова, 1968).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На разной глубине профиля выявлены различия по ряду специфических морфотипов фитолитов, необходимых для расшифровки почвенных фитолитных спектров. Общее количество микробиоморф вниз по профилю снижается неравномерно. Наибольшее количество фитолитов в дерново-солоди приурочено к элювиальному горизонту. Несколько максимумов в почвенном профиле формировались, когда имело место регулярное поступление органического материала (травяного и листового опада) на поверхность с последующим его погребением и консервацией.

Значительное количество обнаруженных форм составляют фитолиты двудольных трав (разнотравье, бобовые и др.). Увеличение длинных частиц (ELONGATE ENTIRE) в спектрах связано чаще всего с увеличением количества разнотравья в исходном сообществе (Гольева, 2001). Что отражает наибольшую роль этих растений в современном растительном покрове осолоделых почв, а также в составе фитоценозов в прошлые стадии осадконакопления и почвообразования.

Полученные результаты гранулометрического и химического состава фиксируют изменения в погребённом гумусовом горизонте изученного почвенного профиля. Зафиксированы возрастающие показатели в распределении органического углерода в этом горизонте и обменных оснований в нижней части профиля, что согласуется с данными фитолитного анализа почвы.

Микробиоморфный состав погребённой органо-аккумулятивной почвы показал, что на первом этапе почва прошла степную стадию развития (преобладание степных злаков) с зарастанием лугово-лесной растительностью на современном этапе (увеличение доли лесных и луговых злаков). Наличие панцирей диатомовых водорослей характерно для почв, на поверхности которых происходит застаивание вод. В нашем случае диатомовые водоросли присутствуют по всей толще почвенного профиля. Их накопление связано с сезонным затоплением берёзового колка. Зимой здесь накапливается много снега, весной и в начале лета долго стоит вода. В периоды влажных лет, когда уровень грунтовых вод поднимается, наблюдается появление форм фитолитов, характерных для тростника, спикул губок и других индикаторов повышенного увлажнения.

Состав микробиоморф и их распределение по профилю позволяют предположить, что причиной смены условий почвообразования на фоне изменения условий осадконакопления являлись сезонные изменения, во время которых происходило переувлажнение слоёв почвы.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект №121031700309-1).

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамович Д.И. Воды Кулундинской степи. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1960. 214 с.
- Ариновичкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Издание 2-е, перераб. и доп. Москва: Издательство Московского университета, 1970. 487 с.
- Аристовская Т.В., Кутузова Р.С. О микробиологических факторах мобилизации кремния из труднорастворимых природных соединений // Почвоведение. 1968. № 12. С. 59–66.
- Ахтырцев Б.П. К истории формирования серых лесных почв Среднерусской лесостепи // Почвоведение. 1992. № 3. С. 5–18.

- Гаврилов Д. А., Лойко С. В. Фитолиты почв темнохвойных гемибореальных лесов юго-востока Западной Сибири // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. Вып. 1 (3). С. 41–53.
- Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Москва-Сыктывкар-Элиста: Полтекс, 2001. 140 с.
- Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: генезис, география, информационная роль. Москва: Издательство ЛКИ, 2008а. 240 с.
- Гольева А.А. Микробиоморфная память почв // Память почв: Почвы как отражение биосферно-геосферно-антропогенных взаимодействий. Москва: Изд-во ЛКИ, 2008б. С. 500–529.
- ГОСТ 27821-2020. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. Москва: Стандартинформ, 2020. 9 с.
- Добровольский Г. В., Шоба С. А. Растровая электронная микроскопия почв. Москва: МГУ, 1978. 132 с.
- Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Москва: Изд-во АН СССР, 1958. 191 с.
- Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Лада Н.Ю. Условия формирования микробиоморфных спектров степных приозерных ландшафтов северной Кулунды // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. Т. 7. № 1. С. 85–92.
- Лада Н.Ю. Микробиоморфные комплексы естественных и агрогенно-преобразованных почв приозерных ландшафтов кулундинской степи (Западная Сибирь). Автореферат диссертации ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2017а. 20 с.
- Лада Н.Ю. Диагностика почв с различным хозяйственным использованием по данным фитолитного анализа // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции (Барнаул, 5–8 июня 2017 г.) / А.И. Шмаков, Т.М. Копытина (отв. ред.). Барнаул: Издательство АлтГУ, 2017б. С. 205–208.
- Лада Н.Ю., Смоленцев Б.А. Фитолитный анализ генезиса стратозема светлогумусового (на примере приозерной территории озера Баган) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 1 (29). С. 16–27. DOI: [10.17223/19988591/29/2](https://doi.org/10.17223/19988591/29/2).
- Лада Н.Ю., Гаврилов Д.А. Анализ фитолитного состава основных растений степных экосистем Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. № 2 (34). С. 53–68. DOI: [10.17223/19988591/34/4](https://doi.org/10.17223/19988591/34/4).
- Почвы Новосибирской области / под ред. Р.В. Ковалёва. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1966. 422 с.
- Сапрыкин О.И. Разнообразие почв микрозападин юго-восточной части Западной Сибири. Автореферат диссертации ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2021. 19 с.
- Сапрыкин О.И., Конарбаева Г.А, Смоленцев Б.А. Сравнительная характеристика агрохимических свойств почв в агроландшафтах с западным микро рельефом // Агрохимия. 2020. № 10. С. 15–19.
- Соломонова М.Ю., Сперанская Н.Ю., Силантьева М.М., Елесова Н.В. Фитолиты лесов Северного Алтая // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2018. № 17. С. 309–312.
- Сперанская Н.Ю., Соломонова М.Ю., Гейнрих Ю.В. Диагностические формы фитолитов луговых и степных фитоценозов Алтайского края // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. Т. 7. № 1 (13). С. 148–154.
- Сперанская Н. Ю., Соломонова М. Ю., Силантьева М. М., Гейнрих Ю. В., Блинников М. С. Фитолиты злаков Северного Алтая // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. № 8 (1). С. 762–771. DOI: [10.15421/2018_278](https://doi.org/10.15421/2018_278).
- Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. Москва: Наука, 1965. С. 190–208.
- Угланов И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. 193 с.
- Харитоновна Г.В., Манучаров А.С., Матюшкина Л.А., Стенина А.С., Тюгай З., Коновалова Н.С., Комарова В.С., Чижикова Н.П. Биоморфный кремнезем в луговых почвах Среднеамурской низменности // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2013. № 1. С. 37–45.
- Хмельев В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.

- Aleksandrovskii A.L., Gol'eva A.A., Gunova V.S. Reconstruction of paleolandscape conditions of the early scythian soils in the Stavropol region // *Eurasian Soil Science*. 1997. Vol. 30. No. 5. P. 461–471.
- Blinnikov M.S., Hoffman B.R., Salova Yu.A.. Modern analog assemblages of phytoliths under various plant communities of the middle Volga and their applicability for archaeological reconstructions // *The Volga river region archaeology*. 2021. Vol. 4 (38). P. 217–234. DOI: [10.24852/pa2021.4.38.217.234](https://doi.org/10.24852/pa2021.4.38.217.234).
- Gol'eva A.A., Aleksandrovskii A.L. The application of phytolith analysis for solving problems of soil genesis and evolution // *Eurasian Soil Science*. 1999. Vol. 32. No. 8. P. 884–891.
- Lisztes-Szabó Z., Kovács S., Pető Á. Phytolith analysis of *Poa pratensis* (Poaceae) leaves // *Turkish Journal of Botany*. 2014. No. 38. 13 p.
- Lu H., Liu K-b. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2003. No. 58. P. 587–600.
- Neumann K., Strömberg C.A.E., Ball T., Albert R.M., Vrydaghs L., Cummings. L.S. International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0. // *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124(2). P. 189–199. DOI: [10.1093/aob/mcz064](https://doi.org/10.1093/aob/mcz064).
- Piperno D.R. *Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Lanham: Alta Mira Press, 2006. 237 p.
- Targulian V.O., Sokolova T.A. Soil as a biotic/abiotic natural system: a reactor, memory, and regulator of biospheric interactions // *Eurasian Soil Science*. 1996. Vol. 29. No. 1. P. 30–41.
- Solomonova M. Y., Speranskaya N. Y., Blinnikov M. S., Kharitonova E. Y., Pechatnova Y. V., Silantieva M. M. Cyperaceae Juss. and Juncaceae A. Rich ex Kunt. phytoliths of Western Siberia // *Ukrainian Journal of Ecology* 2018. No. 8 (4). P. 332–334.
- Wallis L.A. Environmental history of northwest Australia based on phytolith analysis at Carpenter's Gap 1 // *Quaternary International*. 2001. Vol. 83–85. P. 103–117.

Поступила в редакцию 21.11.2022

Принята 22.02.2023

Опубликована 01.03.2023

Сведения об авторах:

Лада Наталья Юрьевна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); n.lada@issa-siberia.ru

Миронычева-Токарева Нина Петровна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); mirtok@issa-siberia.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

MICROBIOMORPHS OF THE SODDY SOLODIC PLANOSOL AND BURIED ORGANO-ACCUMULATIVE QUASI-CLAY SOIL IN THE FOREST-STEPPE OF WEST SIBERIA

© 2023 N. Y. Lada , N. P. Mironycheva-Tokareva 

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: lada@issa-siberia.ru

The purpose of the study. Reconstruction of the conditions of solodic soils formation in the forest-steppe zone using soil characteristics and microbiomorphic analysis.

Location and time of the study. The study was conducted in the forest-steppe zone (Kulunda, Novosibirsk region, Russia) where in the birch grove a pedocomplex consisting of a surface turf soddy soil and a buried soil. Soil samples were collected in 2014.

Methods. Phytolith and some other microbiomorphs morphology, composition and relative abundance were analysed and their soil profile changes accessed.

Results. Several peaks of the maximum accumulation of phytoliths were found in the microbiomorphic profile of the soddy solodic planosol. The largest number of phytoliths was found in the eluvial horizon. Phytoliths of

steppe gramineous plants and elongated forms of dicotyledonous grasses (forbs, legumes, etc.) accounted for a significant proportion. Diatoms were present throughout the entire soil profile; sponge spicules were rare.

Conclusion. *At the first stage of its formation the buried soil went through the steppe stage of development (predominance of steppe grasses), followed by overgrowing of the steppe soil with meadow-forest vegetation at the current stage (increased share of forest and meadow grasses). The presence of diatomic shells is typical for soils experiencing recurrent (seasonal) flooding of the birch groves: a lot of snow usually accumulates there, and after the snowmelt water stays for a long time in summer. During wet years, when the groundwater level rises and merges with the surface waters, the phytolith forms characteristic of reeds, sponge spicules, and other indicators of increased moisture increased. Thus, the microbiomorphic composition of the buried organo-accumulative soil reflected its formation.*

Key words: *soils; phytoliths; microbiomorphic method; sodic planosol; forest-steppe; Kulunda*

How to cite: *Lada N.Y., Mironycheva-Tokareva N.P. Microbiomorphs of the sodic sodic planosol and buried organic-accumulative quasi-clay soil of West Siberia // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(1). e192. DOI: 10.31251/pos.v6i1.192 (in Russian with English abstract).*

FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 121031700309-1.

REFERENCES

- Abramovich D.I. Waters of the Kulunda steppe. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1960. 214 p. (in Russian).
- Arinushkina E.V. Manual on chemical analysis of soils. 2nd edition, revised and supplementary. Moscow: Moscow University Press, 1970. 487 p. (in Russian).
- Aristovskaya T.V., Kutuzova R.S. On microbiological factors of silicon mobilization from difficult-to-dissolve natural compounds. *Pochvovedenie*. 1968. No. 12. P. 59–66. (in Russian).
- Akhtyrtsev B.P. On the history of the formation of gray forest soils of the Central Russian forest-steppe. *Pochvovedenie*. 1992. No. 3. P. 5–18. (in Russian).
- Gavrilov D.A., Loiko S.V. Phytoliths in soils of hemiboreal dark coniferous forest in southeast of West Siberia. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2016. No. 1 (3). P. 41–53. (in Russian).
- Gol'eva A.A. Phytoliths and their information role in natural and archeological objects. Moscow-Sykt'yvkar-Elista, Polteks Publ., 2001. 140 p. (in Russian).
- Gol'eva A.A. Microbiomorphic complexes of natural and anthropogenic landscapes: genesis, geography, informational role. Moscow: LKI Publ., 2008a. 240 p. (in Russian).
- Gol'eva A.A. Microbiomorphic soil memory. In book: *Soil memory: Soils as a reflection of biosphere-geosphere-antroposphere Interactions*. Targulian V.O., Goryachkin S.V. (editors). Moscow: LKI Publ., 2008b. P. 500–529. (in Russian).
- GOST 27821-2020. Soils. Determination of base absorption sum by Kappen method. Moscow: Standartinform, 2020. 9 p. (in Russian).
- Dobrovolsky G.V., Shoba S.A. Scanning electron microscopy of soils. Moscow: MSU Publ., 1978. 132 p. (in Russian).
- Kachinsky N.A. Mechanical and microaggregate composition of soil, methods of its study. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1958. 191 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of Soils of Russian / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian).
- Lada N.Yu. Conditions of microbiomorphic spectrum formation in steppe littoral catena of Northern Kulunda. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2016. Vol. 7. No.1. P. 85–92. (in Russian).
- Lada N.Yu. Microbiomorphic complexes of natural and agrogenically transformed soils of lakeside landscapes of the Kulunda steppe (Western Siberia). Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Novosibirsk, 2017a. 20 p. (in Russian).
- Lada N.Yu. The diagnostic of soils with different agriculture use according to phytolith analysis. In book: *Problems of Botany of South Siberia and Mongolia: Proceedings of the Scientific Conference XVI International* (Barnaul,

- June 5–8, 2017). A.I. Shmakov, T.M. Kopytin (ed.). Barnaul: Publishing House of AltSU, 20176. P. 205–208. (in Russian).
- Lada N.Yu., Smolentsev B.A. Phytolith analysis of light-humus stratozem genesis (the case of the Bagan lakeside territory). *Tomsk State University Journal of Biology*. 2015. No. 1 (29). P. 16–27. DOI: [10.17223/19988591/29/2](https://doi.org/10.17223/19988591/29/2). (in Russian).
- Lada N.Yu., Gavrilov D.A. Analysis of phytolith composition of the main plant steppe ecosystems of Western Siberia. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2016. No. 2 (34). P. 53–68. DOI: [10.17223/19988591/34/4](https://doi.org/10.17223/19988591/34/4). (in Russian).
- Soils of the Novosibirsk region / R.V. Kovalev (ed.). Novosibirsk: Publ. House SB RAS, 1966. 422 p. (in Russian).
- Saprykin O.I. Soil diversity in microdepressions of the southeastern part of Western Siberia. Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Novosibirsk, 2021. 19 p. (in Russian).
- Saprykin O.I., Konarbaeva G.A., Smolentsev B.A. Comparative Description of Soil Agrochemical Properties in agricultural landscapes with microdepressions. *Agriculture*. 2020. No. 10. P. 15–19. (in Russian).
- Solomonova M.Yu., Speranskaya N.Yu., Silantieva M.M., Yelesova N.V. Phytoliths of forests Northern Altai. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*. 2018. No. 17. P. 309–312. (in Russian).
- Speranskaya N.Yu., Solomonova M.Yu., Geynrich Yu.V. The soil phytoliths analysis of meadow and steppe phytocenoses in Altai region. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2016. Vol. 7. No. 1 (13). P. 148–154. (in Russian).
- Speranskaya N.Yu., Solomonova M.Yu., Silantieva M.M., Geynrich Yu.V., Blinnikov M.S. Cereal phytoliths of Northern Altai. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. No. 8 (1). P. 762–771. DOI: [10.15421/2018_278](https://doi.org/10.15421/2018_278).
- Tyurin I.V. Soil organic matter and its role in fertility. Moscow: Nauka Publ., 1965. P. 190–208. (in Russian).
- Uglanov I.N. Reclaimed strata of soils and rocks in the south of Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1981. 193 p. (in Russian).
- Kharitonova G.V., Manucharov A.S., Matyushkina L.A., Stenina A.S., Tyugay Z., Konovalova S., Komarova V.S., Chizhikova N.P. Biomorphal silica in meadow soils of med-lowland. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie (Bulletin of Moscow State University)*. 2013. No. 1. P. 37–45. (in Russian).
- Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Land resources of Novosibirsk region and ways of their rational use. Novosibirsk: Publ. House SB RAS, 2009. 349 p. (in Russian).
- Aleksandrovskii A.L., Gol'eva A.A., Gunova V.S. Reconstruction of paleolandscape conditions of the early scythian soils in the Stavropol region. *Eurasian Soil Science*. 1997. Vol. 30. No. 5. P. 461–471.
- Blinnikov M.S., Hoffman B.R., Salova Yu.A. Modern analog assemblages of phytoliths under various plant communities of the middle Volga and their applicability for archaeological reconstructions. *The Volga river region archaeology*. Vol. 4 (38). 2021. P. 217–234. DOI: [10.24852/pa2021.4.38.217.234](https://doi.org/10.24852/pa2021.4.38.217.234).
- Gol'eva A.A., Aleksandrovskii A.L. The application of phytolith analysis for solving problems of soil genesis and evolution. *Eurasian Soil Science*. 1999. Vol. 32. No. 8. P. 884–891.
- Lisztes-Szabó Z., Kovács S., Pető Á. Phytolith analysis of *Poa pratensis* (Poaceae) leaves. *Turkish Journal of Botany*. 2014. No. 38. 13 p.
- Lu H., Liu K-b. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2003. No. 58. P. 587–600.
- Neumann K., Strömberg C.A.E., Ball T., Albert R.M., Vrydaghs L., Cummings. L.S. International code for phytolith nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 124 (2). P. 189–199. DOI: [10.1093/aob/mcz064](https://doi.org/10.1093/aob/mcz064).
- Piperno D.R. *Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Lanham: Alta Mira Press, 2006. 237 p.
- Targulian V.O., Sokolova T.A. Soil as a biotic/abiotic natural system: a reactor, memory, and regulator of biospheric interactions. *Eurasian Soil Science*. 1996. Vol. 29. No. 1. P. 30–41.
- Solomonova M.Y., Speranskaya N.Y., Blinnikov M.S., Kharitonova E.Y., Pechatnova Y.V., Silantieva M.M. Cyperaceae Juss. and Juncaceae A. Rich ex Kunt. phytoliths of Western Siberia. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. No. 8 (4). P. 332–334.
- Wallis L.A. Environmental history of northwest Australia based on phytolith analysis at Carpenter's Gap 1. *Quaternary International*. 2001. Vol. 83–85. P. 103–117.

Received 21 November 2022

Accepted 22 February 2023

Published 01 March 2023

About the authors:

Lada Natalia Yuryevna – Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); n.lada@issa-siberia.ru

Mironycheva-Tokareva Nina Petrovna – Candidate of Biological Sciences, docent, Head of the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); mirtok@issa-siberia.ru

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)