www.volsu.ru

DOI: https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.4.6

UDC 631.48
LBC 40.3

SOIL-LIKE BODIES ON EARTH AND IN SPACE

Yulia V. Bakaeva

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The paper examines the history of research and the terminology related to such objects as soils and soil-like bodies. The generally accepted traditional definition of soil as a medium for plant growth limits the subject area of soil science, excluding manmade substrates and extraterrestrial objects from consideration. In the context of active space exploration and the global anthropogenic transformation of Earth's natural landscapes, there is an urgent need to expand the conceptual framework and research objects of soil science. The aim is to systematize the concepts of soil-like bodies as an independent class of natural and manmade objects, as well as to substantiate the expansion of the basic definition of soil. Based on scientific sources from 1886 to 2026, the development of ideas about soils and soil-like bodies is analyzed – from V.V. Dokuchaev's fundamental classification, which divided soils into normal and abnormal, to V.M. Friedland's modern concepts of parasoils and I.A. Sokolov's four-component system of objects. Special attention is paid to the development of astrosoil science – a field that studies soil-like bodies on other celestial objects in the Solar System: the Moon, Mercury, Venus, and Mars. Research by domestic and foreign astrosoil scientists indicates that in the absence of a biosphere, soils are replaced by substrates formed under the influence of abiotic factors (temperature fluctuations, solar wind, etc.). Attempts are also being made to classify Martian soils and lunar soils. The article presents the results of studies on technogenic embryozems in overburden dumps, the specifics of elementary soil-forming processes in soil-like formations on Russian football fields, and the cave biocosmic covers of the Kugitangtau ridge, the formation of whose soil profile is limited by gravity, and supraglacial organomineral formations in the glacial zone, which demonstrate humus accumulation without the participation of higher vegetation. The conventionality of the boundary between mature soil and a soil-like body is emphasized: with prolonged exposure to autotrophs, parasoils inevitably transform into soils in their classical sense.

Key words: soil-like bodies, soil, parasoils, astrosoil science, exones.

Citation. Bakaeva Yu.V. Soil-Like Bodies on Earth and in Space. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2026, vol. 16, no. 4, pp. 61-69. DOI: https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.4.6

УДК 631.48
ББК 40.3

ПОЧВОПОДОБНЫЕ ТЕЛА НА ЗЕМЛЕ И В КОСМОСЕ

Юлия Владимировна Бакаева

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В работе рассматривается история изучения и терминология таких объектов как почвы и почвоподобные тела. Общепринятое традиционное определение почвы как среды для роста растений ограничивает предметную область почвоведения, исключая из рассмотрения техногенные субстраты и внеземные объекты. В условиях активного освоения космоса и глобальной антропогенной трансформации природных ландшафтов Земли возникает острая потребность в расширении понятийного аппарата и объектов исследования почвоведения. Цель: систематизация представлений о почвоподобных телах как самостоятельном классе природных и техногенных объектов, а также обоснование расширения базового определения почвы. На основании научных источников за период с 1886 по 2026 г. анализируется развитие представлений о почвах и почвоподобных телах от фундаментальной классификации В.В. Докучаева, разделившего почвы на нормальные и анормальные, до современных концепций парапочв В.М. Фридланда и четырехкомпонентной системы объектов И.А. Соколова. Особое внимание уделяется развитию астропочвоведения – направления, изучающего почвоподобные тела на других небесных объектах Солнечной системы: Луне, Меркурии, Венере, Марсе.

© Бакаева Ю.В., 2026

В исследованиях отечественных и зарубежных астропочвоведов отмечается, что в условиях отсутствия биосферы место почв занимают субстраты, сформированные под влиянием абиотических факторов (колебания температур, солнечный ветер и др.). Также делаются попытки классифицировать марсианские грунты и лунные почвы. В работе И.В. Замотаева приводятся результаты исследований техногенных эмбриоземов в отвалах вскрышных пород, специфика элементарных почвообразовательных процессов в почвоподобных образованиях российских футбольных полей, описываются пещерные биокосные покровы хребта Кугитангтау, формирование почвенного профиля которых лимитировано гравитацией, и супрагляциальные органоминеральные образования зоны ледников, демонстрирующие накопление гумуса без участия высшей растительности. Подчеркивается условность границы между зрелой почвой и почвоподобным телом: при длительном воздействии автотроф парапочвы неизбежно трансформируются в почвы в их классическом понимании.

Ключевые слова: почвоподобные тела, почва, парапочвы, астропочвоведение, экзоны.

Цитирование. Бакаева Ю. В. Почвоподобные тела на Земле и в космосе // Природные системы и ресурсы. – 2026. – Т. 16, № 4. – С. 61–69. – DOI: https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2026.4.6

Введение

Почва – это поверхностный слой земной коры, который возникает в результате тесного взаимодействия биосферы, атмосферы и литосферы, расчлененный на ряд генетически взаимосвязанных горизонтов, расположенных параллельно дневной поверхности, и обладающий плодородием [3; 10–15; 24; 25; 29]. Почва является одним из основных инструментов обеспечения продовольственной безопасности [16; 19]. Для осуществления своего хозяйствования человек преимущественно выбирает территории со зрелыми почвами, которые достигли состояния динамического равновесия с окружающей средой. К таким почвам, например, относятся черноземы и каштановые почвы. Однако существуют и молодые слаборазвитые почвы, к которым относятся вулканические, торфяно-болотные и пойменные аллювиальные почвы. Такие почвы еще не пришли в динамическое равновесие со средой [4]. Чаще всего это обусловлено денудационным, седиментационным или турбационным типами «омоложения». Кроме зрелых и молодых почв, также различают почвоподобные тела (солоиды, квазиземы) – поверхностные образования, которые обладают некоторыми характерными для почв свойствами, выполняющие их функции в экосистемах и занимающие пространства, принадлежащие почвам. Они могут быть образованы в условиях экстремального почвообразования или иметь техногенное происхождение [3; 17].

В настоящее время существует множество трактовок определения почвоподобных тел, подходов к их изучению. Поэтому целью данного исследования является систематизация представлений о почвоподобных телах как самостоятельном классе природных и техногенных объектов, а также уточнение их места в структуре современного почвоведения.

Объект исследования – почвоподобные тела.

Материал и методы

Для анализа были использованы материалы научных и научно-популярных работ, опубликованных в журнальных статьях, монографиях, диссертациях, источниках сети Интернет. Поиск соответствующей литературы охватывал период с 1886 по 2026 год. При анализе литературных источников рассматривались особенности определения почвоподобных тел как самостоятельного объекта исследования, различные подходы к их классификации и изучению.

Результаты и обсуждение

Основатель генетического почвоведения В.В. Докучаев [8] впервые предложил «Естественно-историческую классификацию русских почв». Он выделял две основные группы почв – нормальную и анормальную – и переходную между ними. К нормальным относятся классы сухопутнорастительных, сухопутноболотных и болотных почв, которые образовались под комплексным влиянием всех факторов почвообразования и имеют тесную генетическую связь. Все относящиеся к этому классу почвы являются наиболее типичными и распространенными в природе. К груп-

пе анормальных почв принадлежат наносные почвы, образованные в месте, отличном от своего нынешнего положения, и не имеющие генетической связи между своими составными частями. По мнению Докучаева, данный класс должен принадлежать как почвоведению, так и геологии. Исключение данных почв из классификации недопустимо, так как они нередко становятся нормальными почвами.

Следующее упоминание почвоподобных тел приводится в работе В.М. Фридланда [24], которые предлагается называть «парапочвами». К парапочвам относятся поверхностно залегающие рыхлые горные породы, искусственно аккумулированные и переотложенные почвогрунты, которые пригодны для роста и развития зеленых растений. Они должны быть объектами классификации почвоведения по нескольким причинам: во-первых, почвоподобные тела выполняют функции почвы, во-вторых, занимают пространство на стыке литосферы и атмосферы, в-третьих, обладают характерными для почв свойствами.

В этот же период, что и В.М. Фридланд, проблему определения объектов почвоведения разрабатывал И.А. Соколов [20]. Он предлагал выделять четыре типа объектов: почвы, полупочвы, парапочвы и экопочвы. К парапочвам относят тела, которые образуют геодерму Земли и выполняют экологическую функцию почв, но при этом почвами не являются.

В формировании теоретической базы изучения почвоподобных тел планет Солнечной системы огромную роль сыграл В.О. Таргульян [22–23]. Он утверждал, что почвы за пределами Земли формироваться не могут из-за отсутствия «живой» оболочки – биосферы. Поэтому место почв занимают почвоподобные тела (экзоны). Они должны быть объектом исследования почвоведения и к ним необходимо применять подходы и методы, которые применимы к почвам [22–23].

Е.А. Дмитриевым [7] было дано определение почве – это экзон, характеризующийся особенностями, сформированными в условиях автохтонного влияния автотроф и присущих им гетеротроф на материнскую породу в процессе его генезиса. В таком случае к почвоподобным телам принадлежат образования, обладающие свойствами почв, выполняют функции или занимают пространства, принадлежащие почвам. Е.А. Дмитриев выделяет три класса таких почвоподобных тел. К первому (организационно почвоподобному) классу относятся тела с выраженным наличием естественно образованных горизонтов. Ко второму (функционально почвоподобному) классу, как следует из названия, принадлежат тела, обеспечивающие рост и развитие растений, но не обладающие горизонтальной организацией. К третьему (хорологически почвоподобному) классу предполагается относить тела, расположенные в ландшафтах в местах, характерных почвам. Таким образом, к почвоподобным телам будут принадлежать: донные отложения, горные породы и отходы производства, на которых могут произрастать растения, соляные коры и др. Почвоподобное тело может одновременно относится к нескольким классам. Также в работе отмечено, что граница между почвой и почвоподобными телами условна и носит договорной характер. При длительном времени воздействия автотрофных организмов парапочвы преобразуются в почвы [7].

Отдельное внимание почвоподобным телам, расположенным в пещерах, было уделено в работе А.А. Семиколенных и В.О. Таргульяна [18]. В результате исследования хребта Кугитангтау было установлено, что под воздействием определенного сочетания факторов среды в карстовых пещерах образуются *in situ* биокосные почвоподобные покровы системы профильно-горизонтного строения. В них содержатся микробные биоценозы – продуценты первичной биомассы таких пещерных экосистем. В таком случае следует рассматривать такие почвоподобные системы в качестве аналогов почв на дневной поверхности. Авторы отмечают, что формирование почвоподобных систем приурочено преимущественно к поверхностям стен и потолка. Тогда материнская порода расположена над этими системами, следовательно, перемещение продуктов выветривания направляется гравитацией сверху вниз. Основным лимитирующим фактором развития почвоподобных систем пещер является гравитация. Это определено тем, что образование твердофазной массы в больших объемах не аккумулируется, а осыпается [18].

И.М. Гаджиевым, В.М. Курачевым, В.А. Андрохановым и др. было предложено

называть почвоподобные тела техногенных ландшафтов эмбриоземами, так как почвы техногенных ландшафтов отражают начальные этапы эволюционного развития почвенного профиля в условиях особенностей почвообразования, сложившихся в данном техногенном ландшафте. В своей диссертации В.А. Андроханов отмечает, что особенности биогенных процессов определяют специфику формирования эмбриоземов [1; 5].

В.С. Артамоновой [2] были исследованы почвоподобные тела техногенных ландшафтов, которые образуются в результате насыпи отвалов вскрышных и вмещающих пород. В последствии терриконы подвергаются постепенному выветриванию, выщелачиванию и заселению биотой. Почвоподобные тела характеризуются высокой вариативностью содержания мелкозема, биогенности и гумусонакопления, дифференциацией минерального вещества. Автор также отмечает высокую подверженность к образованию почвоподобных тел на месте техногенноизмененных земель на территории Уральского, Сибирского и Дальневосточного регионов России [2].

Тема почвоподобных образований техногенно преобразованных ландшафтов нашла свой отклик в работе И.В. Замотаева и В.П. Белоброва [9]. Объектом исследования были выбраны почвоподобные техногенные образования футбольных полей, различных по длительности использования, природным условиям и свойствам. Было установлено, что для них характерна комбинированная природно-техногенная модель педогенеза. В данных почвоподобных техногенных образованиях элементарные почвообразовательные процессы имеют более высокие темпы развития и измененный механизм протекания. Такая ситуация определяется спортивным механогенезом и проводимыми на территории агромероприятиями [9].

Вопросы географии экстремальных почв и почвоподобных систем рассматриваются в работе С.В. Горячкина [6]. Предлагается выделять пять классов, применимых к солоидам и экстремальным почвам, – факторный (экстремальность, связанная с особенностями факторов почвообразования), надземный (почвы или солоиды, сформированные, например, на древесном ярусе или в местах бывших древесных колоний животных), супрагляциальный (образования на поверхности ледников и снежников), режимно-функциональный (экстремальность, связанная с формированием в какой-то период экстремальных для конкретной территории условий), хорологический (образование почв в условиях, не характерных для данной местности), возрастной (относятся те почвы, которые будут в будущем или были в прошлом нормальными почвами).

Обширны исследования ледников. Коллегия ученых под началом Н.С. Мергелова [21] систематизировала знания о разнообразии, развитии и функционирование органоминеральных образований в супрагляциальной зоне. В данной зоне осуществляются процессы, являющиеся характерными для почв: накопление и перевод в устойчивое состояние органического вещества. его гетеротрофное преобразование, образование темноокрашенного гумусированного органического вещества, агрегация мелкозема и биохимическое выветривание. Авторы отмечают важность исследования супрагляциальных систем. Это обусловлено, потребностью в понимании эволюции экосистем на Земле и конструировании астробиологических моделей формирования поверхностных образований на других планетах Солнечной системы с криосферой.

С развитием космонавтики во второй половине прошлого века появилось новое направление исследований в почвоведение – астропочвоведение, целью которого является изучение почвоподобных тел на других планетах и небесных объектах Солнечной системы. Из года в год быстро возрастает количество работ, посвященных «космическому почвоведению». Основным полигоном для научных работ стали планеты так называемой земной группы: Меркурий, Венера, Марс, а также спутника Земли – Луны.

Данное направление получило активное развитие за рубежом. Рональд Амундсон и др. [30] предположили, что наличие в прошлом на Марсе влажных климатических условий определяли вероятность возникновения педогенных процессов. В результате проведенного исследования химического состава почв в местах посадки было установлено: марсианские почвы потеряли значительные количества основных породообразующих элементов

и приобрели элементы присутствующие в виде растворимых ионов. Потери некоторых соединений (например, SiO_2, Al_2O_3) могут быть связаны с выщелачиванием водой и последующим удалением вещества с нисходящими потоками. Накопление же сульфатов и хлоридов произошло позже в более сухих климатических условиях. Доказательством водного переноса вещества служат раскопки, проведенные в кратере Гусев. Авторы предлагают рассматривать почвы Марса через призму земного педогенеза. Отсутствие биоты, в данном случае, не исключает почвообразовательные процессы: примером служат аридные пустыни Земли (Атакама).

Одна из последующих работ посвящена вопросу о том, что считать почвой за пределами Земли [27]. Авторы отмечают несостоятельность наиболее употребительного определения почвы – среда для роста растений, которое автоматически исключает все небесные тела из списка объектов исследования и классификации почвоведения. Предлагается использовать более широкое понятие почвы как геохимически и физически измененного материала на поверхности небесного тела, который является отображением истории окружающей среды. При этом наличие биоты считается необязательным, потому что наличие других факторов (изменение температуры, солнечный ветер и т. д.) нивелирует ее отсутствие. Внесен вклад в развитие понятийного аппарата: для обозначения абиотических почв авторы вводят новый термин – астросоли.

Сторону «против» узкого определения почвы как субстрата для роста растений принимают и другие ученые. Авторы статьи «Существуют ли почвы за пределами Земли?» [28] отмечают, что ключевым свойством почвы является сам факт ее формирования и дифференциации, независимо от того, произошли под влиянием биотических или абиотических факторов. В настоящее время Венера, Марс и Луна обладают выветрелыми мантиями, которые следует считать почвами в педологическом смысле. В статье рассмотрены вопросы развития сельского хозяйства с использованием марсианского и лунного грунта. Основными препятствиями для выращивания сельскохозяйственных культур являются: отсутствие азота, наличие мелкодисперсной пыли, создающей застойные зоны, и токсичных перхлоратов и агрессивных супероксид-ионов.

Предприняты попытки создания классификации лунных почв, которая адаптирует принципы земного почвоведения под уникальные условия Луны. Она состоит из пяти основных эталонных групп почв (Ultimoosol, Mutoosol, Inceptoosol, Lithoosol, Equoosol) и их комбинаций. Предлагается новый порядок Menosol и шесть подпорядков (Ultimen, Mutimen, Inceptimen, Lithomen, Equomen). Разработка общей классификации позволит значительно продвинуться в картографировании почв Луны для поддержки использования ресурсов *in situ* – поиску, добычи и применению местных материалов для нужд миссии с целью снижения зависимости от поставок Земли [26].

Заключение

Таким образом, понятие «почвоподобное тело» является фундаментальным для почвоведения, охватывая как земные, так и внеземные объекты. Граница между почвой и почвоподобным телом на протяжении всей истории науки всегда была условной. Парапочвы могут формироваться не только в экстремальных погодных условиях, но и в результате техногенного изменения ландшафтов. В настоящее время активно реализуются программы по исследованию почв планет земной группы и Луны. Для практического освоения Луны и Марса предложены классификации их почв, которые адаптируют принципы земного почвоведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроханов, В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В. А. Андроханов. – Новосибирск, 2005. – 36 с.

2. Артамонова, В. С. Почвоподобные образования техногенных ландшафтов: история изучения, терминология, современные аспекты (обзор) / В. С. Артамонова, С. Б. Бортникова // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – Вып. 1. – С. 4–13.

3. Водолазко, А. Н. Плодородие каштановых и светло-каштановых почв сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / А. Н. Водолазко, Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – с. Соленое Займище, 2015. – С. 147–150.

4. Возраст почв // Национальный атлас России. – URL: https://nationalatlas.ru/tom2/310.html

5. Гаджиев, И. М. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И. М. Гаджиев [и др.]. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1992. – 305 с.

6. Горячкин, С. В. География экстремальных почв и почвоподобных систем / С. В. Горячкин // Вестник Российской академии наук. – 2022. – Т. 92, № 6. – С. 564–571.

7. Дмитриев, Е. А. Почва и почвоподобные тела / Е. А. Дмитриев // Почвоведение. – 1996. – № 3. – С. 310–319.

8. Докучаев, В. В. Главные моменты в истории оценок земель Европейской России, с классификацией русских почв / В. В. Докучаев // Материалы к оценке земель Нижегородской губернии. Естественно-историческая часть. – СПб., 1886. – Вып. 1. – 391 с.

9. Замотаев, И. В. Элементарные почвообразовательные процессы в почвоподобных техногенных образованиях футбольных полей России / И. В. Замотаев, В. П. Белобров // Почвоведение. – 2014. – № 8. – С. 998–1013.

10. Иванцова, Е. А. Аридные экосистемы в условиях техногенного прессинга / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов, Н. В. Онистратенко // Академический вестник ELPIT. – 2018. – Т. 3. – № 4 (6). – С. 22–28.

11. Иванцова, Е. А. Защита почв от эрозии и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Современные тенденции развития аграрного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище, 2016. – С. 356–359.

12. Иванцова, Е. А. Качество почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. Н. Водолазко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 150–157.

13. Иванцова, Е. А. Мероприятия по повышению плодородия светло-каштановых почв Волгоградской области / Е. А. Иванцова, А. А. Данилов, В. В. Нестеров // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград : ВолГУ, 2019. – С. 252–256.

14. Иванцова, Е. А. Оптимизация фитосанитарного состояния агробиоценозов Нижнего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук / Иванцова Елена Анатольевна. – Саратов, 2009. – 453 с.

15. Иванцова, Е. А. Противоэрозионные мероприятия и воспроизводство плодородия почвенного покрова в Нижневолжском регионе / Е. А. Иванцова // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 161–164.

16. Особенности возделывания подсолнечника на черноземных почвах Волгоградской области / Н. Ю. Петров [et al.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4 (24). – С. 37–43.

17. Почвоподобное тело // Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». – URL: https://bigenc.ru/c/pochvopodobnoe-telo-67789d

18. Семиколенных, А. А. Почвоподобные тела автохемолитотрофных экосистем пещер хребта Кугитангтау (Восточный Туркменистан) / А. А. Семиколенных, В. О. Таргульян // Почвоведение. – 2010. – № 6. – С. 658–672.

19. Снижение негативного воздействия на агроценозы путем управления примыкающими природно-антропогенными системами / Е. А. Иванцова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2017. – Т. 19, № 4 (41). – С. 138–146.

20. Соколов, И. А. Что такое почва и что такое почвоведение? / И. А. Соколов // Теоретические проблемы генетического почвоведения. – Новосибирск : Гуманитарные технологии, 2004. – С. 9–22.

21. Супрагляциальные почвы и почвоподобные тела: разнообразие, генезис, функционирование (обзор) / Н. С. Мергелов [и др.] // Почвоведение. – 2023. – № 12. – С. 1522–1561.

22. Таргульян, В. О. Почвоподобные тела на Марсе / В. О. Таргульян, Н. С. Мергелов, С. В. Горячкин // Почвоведение. – 2017. – № 2. – С. 205–218.

23. Таргульян, В. О. Экзогенез и педогенез: расширение теоретической базы почвоведения / В. О. Таргульян // Вестник МГУ. Серия 17, Почвоведение. – 1983. – № 3. – С. 33–43.

24. Фридланд, В. М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв / В. М. Фридланд. – М. : Наука, 1986. – 243 с.

25. Ясинский, Д. А. Агроэкологический мониторинг каштановых и светло-каштановых почв сухостепной зоны Волгоградской области / Д. А. Ясинский, Е. А. Иванцова // Экологическая безопасность и охрана

окружающей среды в регионах России: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2015. – С. 218–224.

26. A Classification Framework for Mapping Lunar Soils / J. Juilleret [et al.] // Soil Science Society of America Journal. – 2026. – Vol. 90. – e70206. – DOI: https://doi.org/10.1002/saj2.70206

27. Certini, G. A View of Extraterrestrial Soils / G. Certini, R. Scalenghe, R. Amundson // European Journal of Soil Science. – 2009. – Vol. 60, № 6. – P. 1078–1092. – DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01173.x

28. Certini, G. Do Soils Exist Outside Earth? / G. Certini, R. Scalenghe // Planetary and Space Science. – 2010. – Vol. 58. – P. 1767–1770. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.pss.2010.08.007

29. Influence of Ecological and Anthropogenic Factors on Soil Transformation in Recreational Areas of Volgograd (Russia) / O. Gordienko [et al.] // Catena. – 2022. – T. 208. – P. 105773. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105773

30. On the in situ Aqueous Alteration of Soils on Mars / R. Amundson [et al.] // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2008. – Vol. 72, № 15. – P. 3845–3864. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.05.033

REFERENCES

1. Androkhanov V.A. *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk* [Soil-Ecological State of Technogenic Landscapes: Dynamics and Assessment. Dr. biol. sci.]. Novosibirsk, 2005. 36 p.

2. Artamonova V.S., Bortnikova S.B. Pochvopodobnye obrazovaniya tekhnogennykh landshaftov: istoriya izucheniya, terminologiya, sovremennye aspekty (obzor) [Soil-Like Formations in Technogenic Landscapes: History of Study, Terminology, Modern Aspects (Review)]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and Applied Ecology], 2017, iss. 1, pp. 4-13.

3. Vodolazko A.N., Yasinskiy D.A., Ivantsova E.A. Plodorodiye kashtanovykh i svetlo-kashtanovykh pochv sukhostepnoy pochvennoy zony Volgogradskoy oblasti [Fertility of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Aktualnyye voprosy razvitiya agrarnoy nauki v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyakh: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh* [Current Issues in the Development of Agricultural Science in Modern Economic Conditions. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. Solyonoye Zaymishche, 2015, pp. 147-150.

4. Vozrast pochv [Age of Soils]. *Natsionalnyy atlas Rossii* [National Atlas of Russia]. URL: https://nationalatlas.ru/tom2/310.html

5. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M., Ragim-zade F.K., Androkhanov V.A. et al. *Ekologiya i rekultivatsiya tekhnogennykh landshaftov* [Ecology and Reclamation of Technogenic Landscapes]. Novosibirsk, Nauka Publ. Sib. otd-niye, 1992. 305 p.

6. Goryachkin S.V. Geografiya ekstremalnykh pochv i pochvopodobnykh sistem [Geography of Extreme Soils and Soil-Like Systems]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* [Herald of the Russian Academy of Sciences], 2022, vol. 92, no. 6, pp. 564-571.

7. Dmitriev E.A. Pochva i pochvopodobnye tela [Soil and Soil-Like Bodies]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1996, no. 3, pp. 310-319.

8. Dokuchaev V.V. Glavnye momenty v istorii otsenok zemel Evropeyskoy Rossii, s klassifikatsiey russkikh pochv [Main Moments in the History of Land Assessments in European Russia, with a Classification of Russian Soils]. *Materialy k otsenke zemel Nizhegorodskoy gubernii. Estestvenno-istoricheskaya chast* [Materialy k otsenke zemel Nizhegorodskoy gubernii. Yestestvenno-istoricheskaya chast]. Saint Petersburg, 1886, iss. 1. 391 p.

9. Zamotaev I.V., Belobrov V.P. Elementarnye pochvoobrazovatelnye protsessy v pochvopodobnykh tekhnogennykh obrazovaniyakh futbolnykh poley Rossii [Elementary Soil-Forming Processes in Soil-Like Technogenic Formations of Football Fields in Russia]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2014, no. 8, pp. 998-1013.

10. Ivantsova E.A., Novochadov V.V., Onistratenko N.V. Aridnyye ekosistemy v usloviyakh tekhnogennogo pressinga [Arid Ecosystems Under Technogenic Pressure]. *Akademicheskiy vestnik ELPIT*, 2018, vol. 3, no. 4 (6), pp. 22-28.

11. Ivantsova E.A. Zashchita pochv ot erozii i vosproizvodstvo plodorodiya pochvennogo pokrova v Nizhnevolzhskom regione [Soil Protection from Erosion and Soil Fertility Restoration in the Lower Volga Region]. *Sovremennyye tendentsii razvitiya agrarnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern Trends in the Development of the Agricultural Complex. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference], 2016, pp. 356-359.

12. Ivantsova E.A., Vdolazko A.N. Kachestvo pochv zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya sukhostepnoy pochvennoy zony Volgogradskoy oblasti [Soil Quality of Agricultural Lands in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee*

professionalnoe obrazovanie [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2018, no. 2 (50), pp. 150-157.

13. Ivantsova E.A., Danilov A.A., Nesterov V.V. Meropriyatiya po povysheniyu plodorodiya svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoy oblasti [Measures to Improve the Fertility of Light Chestnut Soils in the Volgograd Region]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: priroda, khozyaystvo, obshchestvo: materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf* [Anthropogenic Transformation of Geospace: Nature, Economy, and Society. Proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference]. Volgograd, VolGU, 2019, pp. 252-256.

14. Ivantsova E.A. *Optimizatsiya fitosanitarnogo sostoyaniya agrobiotsenozov Nizhnego Povolzhya : dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Optimization of the Phytosanitary State of the Lower Volga Region Agrobiocenoses. Dr. Agriculture sci. diss.]. Saratov, 2009. 453 p.

15. Ivantsova E.A. Protivoerozionnyye meropriyatiya i vosproizvodstvo plodorodiya pochvennogo pokrova v Nizhnevolzhskom regione [Erosion Control Measures and Reproduction of Soil Fertility Cover in the Lower Volga Region]. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchogo centra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2016, no. 67, pp. 161-164.

16. Petrov N.U., Ivantsova E.A., Semenenko S.Ya., Pinashkin N.N. Osobennosti vozdelyvaniya podsolnechnika na chernozemnykh pochvakh Volgogradskoy oblasti [Features of Sunflower Cultivation on Black Earth Soils in the Volgograd Region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professionalnoye obrazovaniye* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2011, no. 4 (24), pp. 37-43.

17. Nauchno-obrazovatelny portal «Bolshaya rossiyskaya entsiklopediya» [Scientific-Educational Portal "Great Russian Encyclopedia"]. *Pochvopodobnoe telo* [Soil-Like Body]. URL: https://bigenc.ru/c/pochvopodobnoe-telo-67789d

18. Semikolennykh A.A., Targulyan V.O. Pochvopodobnye tela avtokhemolitotrofnykh ekosistem peshcher khrebta Kugitangtau (Vostochnyy Turkmenistan) [Soil-Like Bodies of Auto-Chemolithotrophic Cave Ecosystems of the Kugitangtau ridge (Eastern Turkmenistan)]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2010, no. 6, pp. 658-672.

19. Ivantsova E.A., Onistratenko N.V., Holodenko A.V., Tihonova A.A., Novochadov V.V. Snizheniye negativnogo vozdeystviya na agrotsenozy putem upravleniya primykayushchimi prirodno-antropogennymi sistemami [Reducing the Negative Impact on Agrocenoses by Managing Adjacent Natural and Anthropogenic Systems]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Ekonomika. Ekologiya* [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System], 2017, vol. 19, no. 4 (41), pp. 138-146.

20. Sokolov I.A. Chto takoe pochva i chto takoe pochvovedenie? [What Is Soil and What Is Soil Science?]. *Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya* [Theoretical Problems of Genetic Soil Science]. Novosibirsk, Gumanit. tekhnologii Publ., 2004, pp. 9-22.

21. Mergelov N.S., Goryachkin S.V., Zazovskaya E.P., Karelin D.V., Nikitin D.A., Kutuzov S.S. Supraglyatsialnye pochvy i pochvopodobnye tela: raznoobrazie, genezis, funktsionirovanie (obzor) [Supraglacial Soils and Soil-Like Bodies: Diversity, Genesis, Functioning (Review)]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2023, no. 12, pp. 1522-1561.

22. Targulyan V.O., Mergelov N.S., Goryachkin S.V. Pochvopodobnye tela na Marse [Soil-Like Bodies on Mars]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2017, no. 2, pp. 205-218.

23. Targulyan V.O. Ekzogenez i pedogenez: rasshirenie teoreticheskoy bazy pochvovedeniya [Exogenesis and Pedogenesis: Expanding the Theoretical Basis of Soil Science]. *Vestnik MGU. Seriya 17, Pochvovedenie* [Moscow University Soil Science Bulletin], 1983, no. 3, pp. 33-43.

24. Fridland V.M. *Problemy geografii, genezisa i klassifikatsii pochv* [Problems of Geography, Genesis and Classification of Soils]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 243 p.

25. Yasinskiy D.A., Ivantsova E.A. Agroekologicheskiy monitoring kashtanovykh i svetlo-kashtanovykh pochv sukhostepnoy zony Volgogradskoy oblasti [Agroecological Monitoring of Chestnut and Light Chestnut Soils in the Dry Steppe Zone of the Volgograd Region]. *Ekologicheskaya bezopasnost i okhrana okruzhayushchey sredy v regionakh Rossii: teoriya i praktika: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Environmental Safety and Environmental Protection in Russian Regions: Theory and Practice. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, 2015, pp. 218-224.

26. Juilleret J., Scalenghe R., Diaz A.C., Certini G. A Classification Framework for Mapping Lunar Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 2026, vol. 90, e70206. DOI: https://doi.org/10.1002/saj2.70206

27. Certini G., Scalenghe R., Amundson R. A View of Extraterrestrial Soils. *European Journal of Soil Science*, 2009, vol. 60, no. 6, pp. 1078-1092. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2009.01173.x

28. Certini G., Scalenghe R. Do Soils Exist Outside Earth? *Planetary and Space Science*, 2010, vol. 58, pp. 1767-1770. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pss.2010.08.007

29. Gordienko O., Balkushkin R., Kholodenko A., Ivantsova E. Influence of Ecological and Anthropogenic Factors on Soil Transformation in Recreational Areas of Volgograd (Russia). *Catena*, 2022, vol. 208, pp. 105773. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105773

30. Amundson R., Ewing S., Dietrich W., Sutter B., Owen J., Chadwick O., Nishiizumi K., Walvoord M., McKay C. On the in situ Aqueous Alteration of Soils on Mars. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2008, vol. 72, no. 15, pp. 3845-3864. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.05.033

Information About the Author

Yulia V. Bakaeva, Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, jljbakaeva@mail.ru

Информация об авторе

Юлия Владимировна Бакаева, студент, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, jljbakaeva@mail.ru