


Оригинальная статья / Original article
УДК 574.4: 631.585 (474)
DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-86-97

Экологические аспекты формирования солончака реградированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия

Гасан Н. Гасанов^{1,2,3} , Загирбег М. Асадулаев^{2,4}, Татьяна А. Асварова¹, Зарема У. Гасанова¹, Камиль М. Гаджиев¹, Рашид Р. Баширов¹, Айшат С. Абдулаева¹, Заира Н. Ахмедова¹, Магомед Р. Мусаев³, Нурислан Р. Магомедов⁵, Айтемир А. Айтемиров^{2,5}, Сергей Л. Десинов⁶

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

³Дагестанский аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, Махачкала, Россия

⁴Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

⁵Федеральный аграрный научный центр РД, Махачкала, Россия

⁶Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия

Контактное лицо

Гасан Н. Гасанов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лабораторией почвенных и растительных ресурсов, Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр Российской академии наук; Дагестанский государственный университет; Дагестанский аграрный университет имени М.М. Джамбулатова; 367023 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.
Тел. +79604214086
Email nikuevich@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

Формат цитирования: Гасанов Г.Н., Асадулаев З.М., Асварова Т.А., Гасанова З.У., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Абдулаева А.С., Ахмедова З.Н., Мусаев М.Р., Магомедов Н.Р., Айтемиров А.А., Десинов С.Л. Экологические аспекты формирования солончака реградированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N 4. С. 86-97. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-86-97

Получена 8 апреля 2019 г.
Прошла рецензирование 20 мая 2019 г.
Принята 27 мая 2019 г.

Резюме

Цель. Выявить основные закономерности и принципы формирования на поверхности солончака коркового золово-аккумулятивного горизонта и положительной его трансформации на таксономическом уровне.

Материал и методы. На поверхности солончака коркового создается прослойка из илито-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов, перемежающихся по поверхности почвы под влиянием атмосферных процессов, с использованием древесного материала, выступающего над поверхностью почвы на 0,2 м. Проведены анализы, учеты и наблюдения на микро ключах солончака коркового и трансформированного по динамике влажности, наименьшей влагоемкости (НВ), гранулометрическому составу, химизму и степени засоления почвы, определению видового состава фитоценозов и накоплению фитомассы растениями.


Результаты. Выявлена возможность положительной трансформации, в течение восьми лет, слоя из илито-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов в гумусовый горизонт W_{ael} , мощностью $5 \text{ см} \pm 0,8 \text{ см}$ и содержащий 1,26% гумуса. При этом тип засоления остается сульфатно-хлоридным, а степень засоления от очень сильной степени снижается в слое 0-5 см до слабой, в слое 6-15 см – до средней степени. Профиль солончака коркового $Ск^k [A_{j,s} - A_{j,s} - B_{CA,s} - C_{sa,s}]$ меняется на $Ск^w [W_{ael} - A_{j,s} - B_{CA,s} - C_{sa,s}]$ солончака реградированного. Улучшается гранулометрический состав почвы, создается продуктивный фитоценоз.

Выводы. Положительная трансформация солончака коркового в реградированный способствует снижению дефляции почвы и загрязнению воздушного бассейна пылеватыми фракциями, снижению эмиссии углерода из почвы и парникового эффекта в природе, повышению коэффициента использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) и предотвращению излишнего перегрева почвы и атмосферы.

Ключевые слова

Терско-Кумская низменность, солончак корковый, солончак реградированный, влажность почвы, солеобразующие ионы, гранулометрический состав, дефляция, ФАР, эмиссия углерода.

Ecological Aspects of the Formation of Regraded Solonchak in the Terek-Kuma Lowland of the Caspian

Gasan N. Gasanov^{1,2,3} , Zagirbeg M. Asadulaev^{2,4}, Tatyana A. Asvarova¹, Zarema U. Gasanova¹, Kamil M. Gadzhiev¹, Rashid R. Bashirov¹, Aishat S. Abdulaeva¹, Zaira N. Akhmedova¹, Magomed R. Musaev³, Nurislan R. Magomedov⁵, Aytemir A. Aytemirov^{2,5} and Sergey L. Desinov⁶

¹Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

²Dagestan State University, Makhachkala, Russia

³M.M. Dzhambulatov Dagestan Agrarian University, Makhachkala, Russia

⁴Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

⁵Federal Agricultural Research Centre of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Russia

⁶Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Principal contact

Gasan N. Gasanov, Professor & Head, Laboratory of Soil and Plant Resources, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhiev St, Makhachkala, 367023 Russia. Tel. +79604214086

Email nikuevich@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>

How to cite this article: Gasanov G.N., Asadulaev Z.M., Asvarova T.A., Gasanova Z.U., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R., Abdulaeva A.S., Akhmedova Z.N., Musaev M.R., Magomedov N.R., Aytemirov A.A., Desinov S.L. Ecological Aspects of the Formation of Regraded Solonchak in the Terek-Kuma Lowland of the Caspian. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 4, pp. 86-97. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-86-97

Received 8 April 2019

Revised 20 May 2019

Accepted 27 May 2019

Abstract

Aim. To reveal the basic patterns and principles of formation on the surface of crusty solonchak of an aeolian-accumulative horizon and its positive transformation at the taxonomic level.

Material and Methods. On the surface of crusty solonchak there is formed a layer of silt-sand fractions with seeds of wild phytocenoses which move/перемещаются over the surface of the soil under the influence of atmospheric processes with the utilization of woody material protruding above the soil surface to 0.2 m. Analyses, surveys and observations were carried out of the key parts (for investigation – under the aeolian layer) of the crusty solonchak transformed through the dynamics of humidity, lowering of soil moisture (SC), granulometric composition, chemistry and level of soil salinity, as well as determination of the species composition of the phytocenoses and the accumulation of phytomass by plants.

Results. The possibility was revealed of a positive transformation within eight years of a layer of silt-sand fractions with seeds of wild phytocenoses in the W_{aei} humus horizon with a capacity of $5 \text{ cm} \pm 0.8 \text{ cm}$ and containing 1.26% of humus. The type of salinization remains sulphate-chloride but the level of salinization decreases from very strong in the 0-5 layer to weak one in the 6-15 cm layer - on average. The profile of the crusty solonchak $Ck^k [AJ_k - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ is changed to that of regraded solonchak $Ck^w [W_{aei} - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$. The granulometric composition of the soil is improved and a productive phytocenosis is formed.

Conclusion. The positive transformation of crusty solonchak to regraded contributes to the reduction of soil deflation and of aerial contamination by dust particle fractions, the lowering of carbon emissions from the soil and of the natural greenhouse effect, the increase of the utilization coefficient of photosynthetically active radiation (PAR) and the prevention of excessive overheating of the soil and atmosphere.

Key Words

Terek-Kuma lowland, crusty solonchak, regraded solonchak, soil moisture, salt-forming ions, particle size distribution, deflation, PAR, carbon emission.

ВВЕДЕНИЕ

Терско-Кумская низменность представляет собой слабонаклонную к Каспийскому морю полупустынную территорию, с гипсометрическими отметками на западе у границ со Ставропольским краем 150-170 м, на востоке – до -27 м. С северо-запада на юго-восток низменность пресекается тремя полосами песчаных гряд – Прикумской, Ачикулакско-Бажиганской и Притерской.

Начиная с середины прошлого века, почвенно-растительный покров низменности подвергается усиленному антропогенному воздействию, которое выражается, в первую очередь, в нерациональном и бессистемном использовании пастбищ. В сочетании с аридным климатом (высокие летние температуры воздуха и испаряемость, недостаточное количество осадков, частая повторяемость ветров) и неблагоприятными почвенными условиями (подверженность дефляции легких по гранулометрическому составу почв и засоленности) это привело к катастрофическим экологическим последствиям [1]. Усилился процесс опустынивания – 24% территории занимают песчаные массивы, около 50% почв отнесены к солончакам, регион признан районом экологического бедствия [1; 2].

Солончаки на рассматриваемой территории размещены не сплошными массивами, а в комплексе с другими типами почв, в большинстве своем с каштановыми и лугово-каштановыми, с заросшими растительностью бугорочками и буграми разных форм и величин (рис. 1).



Рисунок 1. Солончак корковый с эоловыми бугорками, заросшими растительностью, в Терско-Кумской низменности Прикаспия

Figure 1. Crusty solonchak with aeolian hummocks overgrown with vegetation in the Terek-Kuma lowland of the Caspian

Опустынивание территории, наряду с сокращением площади продуктивных земель, сопровождается рядом негативных последствий. Воздушный бассейн заполняется пылеватыми взвесями, вредными для здоровья человека и животных [2]. Почва солончаков, лишённая растительного покрова, теряет запасы углерода и азота, накопленные за годы своего формирования, усиливая, тем самым, парниковый эффект в природе [3]. Увеличивается доля отраженной радиации с поверхности почвы, усиливая перегрев почвы и атмосферы, увеличивая испарение влаги из почвы и вторичное засоление почвогрунтов [4].

Исследования почвенно-растительного покрова Терско-Кумской низменности проводятся давно [5-9], продолжают и в настоящее время [10-13]. Основными направлениями большинства исследований на рассматриваемой равнине являются классификация и диагностика почв, миграция солей в почвах, определение их токсичности, степени и химизма засоления, предотвращение вторичного засоления, продуктивность и другие. Но исследований по вопросам улучшения засоленных почв в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на почвенно-растительный покров этого региона проведено недостаточно.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились на Кочубейской биосферной станции Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ПИБР ДФИЦ РАН) в 2011-2018 гг. Координаты размещения экспериментального участка: 44.40720 с.ш., 46.24771 в.д. Поставленная цель достигалась путем создания на поверхности солончака коркового, площадью 4 м², прослойки из илисто-песчаных фракций почвы. Повторность эксперимента 2-х кратная. Для этого использован древесный материал – доски, выступающие над поверхностью почвы на 0,2 м. Проводились анализы, учеты и наблюдения на микро ключах солончака коркового, находящегося под эоловым слоем, и без него по горизонтам почвы и ее динамике: влажность, наименьшей влагоемкости (НВ), плотности, пористости, химизму и степени засоления, емкости катионного обмена (ЕКО) [14], содержанию легкогидролизующего азота, фосфатов и обменного калия [15; 16]. Определяли также видовой состав [17] и накопленные фитомассы растениями [18].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В условиях Терско-Кумской полупустыни постоянно дуют ветры, меняющие свое направление в течение суток. В летний период вектор формирующегося над степью прохладного воздуха в вечерние и утренние часы направлен в сторону моря (Каспийского), а в полуденные часы он, перегретый над поверхностью почвы, поднимается в верхние слои атмосферы, уступая пространство над степью относительно прохладному, поступающему с моря, воздуху. Воздушные массы, постоянно перемещающиеся по территории равнины, одновременно переносят с собой 5-15 т/га эолового материала с запасом семян растений, которые накапливаются достаточно много на поверхности почвы [19]. Одновременно по поверхности почвы под действием ветра переотлагается органическое вещество – до 2% общего гумуса [20]. Этот материал, встретив на своем пути препятствие (отдельные растения, группы растений, камень, части скелета животных, остатки строительного материала, запасные части машин и орудий), оседает вокруг них. На поверхности солончака вокруг этих предметов образуются бугры и бугорочки разных форм и размеров, занятые растительностью.

Перспективным в научном и производственном отношении является создание, вместо единичных кочек и бугров, на поверхности солончаков сплошного слоя с илисто-песчаными наносами. Содержащиеся в

этом слое семена дикорастущих трав, кустарников, полукустарников после выпадения осадков в течение короткого времени (1-3 лет) могут прорасти и формировать полноценный фитоценоз.

Проблемным в научном плане является вопрос: как влияет созданный на поверхности солончака коркового илисто-песчаный слой и сформированный фитоценоз на динамику почвенных процессов, возможны

ли трансформация этого слоя в гумусовый горизонт и трансформация почвенной разности в более продуктивную по таксономическому уровню почву? Результаты нашего эксперимента подтверждают эту возможность. Такой слой, мощностью 5 см ± 0,8 см и содержащий 1,26% гумуса, был создан в течение восьми лет исследований (2011-2018 гг.) (табл. 1).

Таблица 1. Трансформация солончака коркового на таксономическом уровне род-разряд в семилетнем цикле
Table 1. Transformation of crusty solonchak on the genus taxonomic level - category in a seven-year cycle

| Таксономические единицы Taxonomic unit | Солончак корковый Crusty solonchak | Солончак реградированный Regraded solonchak |
|---|---|---|
| Ствол Class | C – постлитогенный / C post lithogenic | |
| Отдел Group | CL – галоморфные / CL halomorphic | |
| Тип Type | Cк – солончак / Ck solonchak | |
| Подтип Subtype | sn, s – солонцеватый / sn, s – saline | |
| Род Genus | насыщенная основаниями, сульфатно-хлоридное засоление saturated with bases, sulphate-chloride salinity | насыщенная основаниями, сульфатно-хлоридное засоление saturated with bases, sulphate-chloride salinity |
| Вид Species | маломощный корковый, карбонатный, солончаковый, слабогумусированный weak crust, carbonate, solonchak, weak humus | маломощный корковый, карбонатный, солончаковый, слабогумусированный weak crust, carbonate, solonchak, weak humus |
| Разновидность Variety | легкосуглинистый на среднем суглинке light loam to medium loam | легкосуглинистый на среднем суглинке light loam to medium loam |
| Разряд Category | слаборазвитый профиль мелкоземной толщ на морских отложениях weakly developed profile, melkozem layer on marine sediments | слаборазвитый профиль мелкоземной толщ на морских отложениях weakly developed profile, melkozem layer on marine sediments |

Из приведенных данных видно, что на уровне ствола, отдела, типа, подтипа и рода солончак корковый в связи с формированием на ее поверхности гумусового горизонта, изменения не происходят, но на видовом и ниже лежащих уровнях эти изменения налицо. Сульфатно-хлоридный тип засоления как был на солончаке корковом, так и остается на солончаке трансформированном. Но степень засоления при этом снижается: от очень сильной степени в слоях 0-5 и 1-6-15 см, до слабой и средней степени соответственно по тем же слоям. Объяснение этому факту следует искать в динамике влажности почвы сравнимых видах почв.

Наибольшие отклонения во влажности почвы между солончаком корковым и трансформированным наблюдается в слое 0-20 см. В среднем за 2016-2018 гг. средняя ее величина в слое 0-20 см составила 18,9% ± 0,9% (с колебаниями по годам 22,8-15,7%), в слое 20-60 см – 15,9% ± 1,1% (отклонения от 17,4 до 14,4%), слой 60-100 см – 16,0% ± 0,8% (отклонения от 17,4 до 15,6%). В солончаке, трансформированном в самом верхнем из этих слоев, она снижалась до 15,8% ± 1,4% (по годам от 19,1 до 16,2%), в последующих двух слоях – до 14,7 ± 1,5 и 14,8 ± 1,3%. Если принять влажность солончака коркового по слоям за 100%, то в солончаке трансформированном в среднем за 2016-2018 гг. она снижается в слое 0-20 см на 13,7%, 20-60 см – на 7,4%, на такую же

величину она снижается и в слое 60-100 см (рис. 2). Одной из причин снижения влажности почвы в самом верхнем слое (0-5 см) можно объяснить высокой водопроницаемостью светло гумусового эолово-аккумулятивного горизонта $W_{aеl}$ и ускоренным проникновением влаги к ниже лежащим слоям по сравнению с солончаком корковым (отклонения 2,4-9,9% НВ), где плотность почвы светло гумусового коркового горизонта A_{jk} такой же мощности (1,22 г/см³) превышала аналогичный показатель горизонта $W_{aеl}$ солончака трансформированного (1,08 г/см³). Второй причиной могло быть использование влаги на формирование фитомассы функционирующим на этом слое фитоценозом.

В слое 5-10 см разница в показателях влажности почвы увеличилась в среднем от 3,8% в первые трое суток до 19,0%, на 9 сутки после выпадения 24 мм; 58 мм и 31 мм соответственно в 2013; 2014 и 2016 гг. Единственным путем потери такого количества влаги из солончака коркового было физическое испарение.

Расчеты по динамике запасов влаги в почвах показали, что при полном насыщении солончака коркового (НВ – 27,7%, $d = 1,12$ г/см³) в слое 0-5 см накапливается 185,6 м³/га воды, трансформированного (НВ – 23,5%, $d = 1,12$ г/см³) – 131,6 м³/га. В слоях 5-10 см по обоим родам почв (НВ – 28,6%, $d = 1,34$ г/см³) может накопиться по 193,0 м³/га, 10-20 см – (НВ – 26,9%, $d =$

1,31 г/см³) – по 176,2 м³/га. Потеря влаги из солончака коркового (надо полагать только на испарение) соответственно по этим слоям составили 102,5; 154,5 и 64 м³/га, а из солончака трансформированного 50,4; 52,5 и

15,8 м³/га. Следовательно, потеря влаги и слоя 0-5 см из солончака коркового при одном и том же количестве осадков больше, чем из трансформированного в 2 раза, из слоя 5-10 см – в 2,9 раза, 10-20 см – в 3,7 раза.

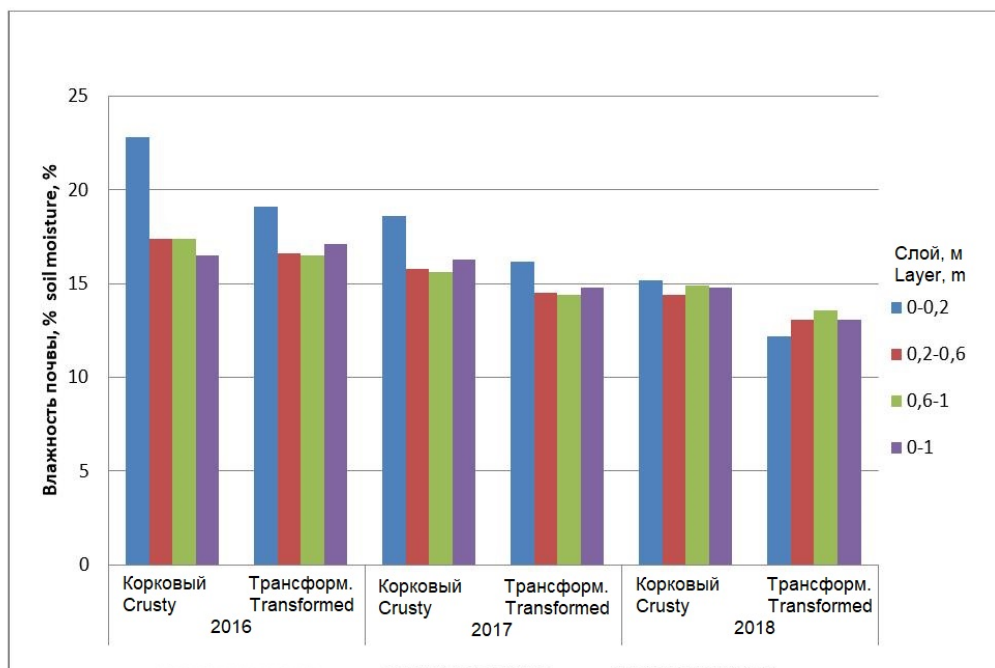


Рисунок 2. Влажность метровой толщи по слоям солончака коркового и трансформированного за 2016-2018 гг., % от сухой почвы

Figure 2. Humidity of crusty and transformed solonchak layers for 2016-2018, % of dry soil

Для расчета суммарного расхода воды с 1 га площади солончака коркового и трансформированного мы исключали потерю влаги на глубокую фильтрацию из-за незначительного количества осадков (годовая сумма 150-350 мм) и глубокого (2,5-3,0 м) расположения грунтовых вод на экспериментальном участке. Исключалась

и подпитка из оросительных систем, рек и озер, их нет совершенно в радиусе 15 км от того же участка. Поэтому в приходную часть баланса воды нами включены только две статьи: использованная из почвенных запасов и атмосферные осадки (табл. 2).

Таблица 2. Суммарный расход воды из слоя 0-1,0 м солончака коркового и трансформированного, 2016-2018 гг., м³/га

Table 2. Total consumption of water from the 0-1.0 m layer of crusty solonchak and transformed solonchak, 2016-2018, m³/ha

| Тип солончака Type of solonchak | Год Year | Запасы влаги в слое 0-1,0 м Reserves of moisture in the 0-1.0 m layer | | Использовано из почвы Used from soil | Осадки Rainfall | Суммарный расход Total consumption |
|--|--------------------|---|---|--|--------------------|---|
| | | в начале вегетации beginning of vegetation | в конце вегетации end of vegetation | | | |
| | | Корковый Crusty | 2016 | | | |
| | 2017 | 2520 | 1860 | 660 | 1440 | 2100 |
| | 2018 | 2450 | 1990 | 460 | 1320 | 1780 |
| | Средний Average | 2620 | 2110 | 720 | 1940 | 2660 |
| Трансформиро- ванный Transformed | 2016 | 2500 | 1780 | 720 | 3060 | 3780 |
| | 2017 | 2310 | 1860 | 450 | 1440 | 1890 |
| | 2018 | 2180 | 1620 | 560 | 1320 | 1880 |
| | Средний Average | 2330 | 1750 | 580 | 1940 | 2520 |

В расходной части баланса потери воды на солончаке корковом пришлись только на физическое испарение, а на солончаке трансформированном – на трансформацию и физическое испарение с поверхности почвы. При

этом на физическое испарение влаги из почвы в первом случае потрачено на 140 м³/га больше, чем на эвопотранспирации (суммарный расход на испарение и транспирацию растениями) ее на солончаке трансфор-

мированном. Следовательно, потери в течение вегетационного периода более $2600 \text{ м}^3/\text{м}$ воды с каждого гектара солончака коркового в условиях выпотного водного режима почвы, когда исключается проникновение влаги атмосферных осадков в глубокие слои, является фактором дополнительного вовлечения водорастворимых солей из более глубоких слоев почв в поверхностные.

Резкое снижение испарения влаги из солончака трансформированного (под эоловым слоем) снижает капиллярный подъем влаги с растворенными в ней солеобразующими ионами из более глубоких слоев почвы в поверхностные. Более того, из этого слоя солончака трансформированного одновременно с почвенной влагой солеобразующие ионы перемещаются в область с относительно высоким осмотическим давлением на прилегающей части солончака коркового. «Капиллярно-осмотический поток» влаги из области с относительно низкой концентрацией водорастворимых

солей под эоловым слоем в солончаке трансформированном перемещается к области с повышенной их концентрацией в солончаке корковым [19; 21]. Высокая влажность почвы за все сроки определения в слое 10-20 см в солончаке корковым по сравнению с реградированным сохранилась, хотя и менее выраженная, чем в слое 5-10 см, и в слое 10-20 см, по датам определения она отклонялась в пределах 5,5-7,3% НВ [3].

Можно допустить, что увеличение потерь влаги из солончака коркового на экспериментальном участке связано с перемещением почвенной влаги в латеральном направлении в сторону солончака коркового. Интенсивное испарение влаги из верхних слоев солончака коркового приводит к увеличению концентрации солей в этих слоях, соответственно, и осмотического давления в почве. Этим объясняется увеличение количества солеобразующих ионов Cl^- и SO_4^{2-} в верхних горизонтах солончака коркового и уменьшение их количества в солончаке трансформированном (табл. 3).

Таблица 3. Химизм и степень засоления солончака коркового и трансформированного в поверхностных и срединных горизонтах солончака коркового и трансформированного в 2017-2018 гг., мг-экв./100 г. (показатели за вторую декаду августа)

Table 3. Chemistry and salinity level of crusty and transformed solonchak in surface and middle horizons of crusty and transformed solonchak in 2017-2018, m-Eq./100 g. (indicators for the second decade of August)

| Горизонт, глубина, см Horizon, depth-Cm | Анионы, мг.экв./100 г почвы Anions, mg.Eq./100 g soil | | | Катионы, мг.экв./100 г Cations, mg.Eq./100 g. | | | Сумма, Мг.экв./100 г Amount, mg.Eq/100 g |
|---|--|---------------|--------------------|--|------------------|--------------------------|---|
| | HCO_3^- | Cl^- | SO_4^{2-} | Ca^{2+} | Mg^{2+} | $\text{K}^+\text{+Na}^+$ | |
| Солончак корковый Crusty solonchak | | | | | | | |
| W_{aer} , 0-5 | 0,21 | 9,56 | 13,17 | 0,28 | 0,51 | 24,15 | 24,94 |
| BCAs, 6-15 | 0,18 | 9,11 | 14,33 | 0,39 | 0,62 | 22,61 | 23,62 |
| Солончак трансформированный Transformed solonchak | | | | | | | |
| $A_{\text{к}}$, 0-6 | 0,21 | 2,00 | 9,33 | 0,34 | 0,60 | 12,70 | 13,64 |
| BCAs, 6-15 | 0,18 | 2,33 | 10,99 | 0,42 | 0,55 | 15,94 | 16,91 |

Судя по приведенным данным, засоление солончака коркового и трансформированного характеризуется одним и тем же типом – хлоридно-сульфатным, поскольку соотношение ионов Cl^- к SO_4^{2-} в слое 0-5 см в первом случае составляет 0,73, во втором – 0,22, в слое 6-15 см – соответственно 0,22 и 0,37 [22]. Что касается степени засоления, то оба слоя коркового солончака, согласно той же «Инструкции...» [22] относятся к очень сильной степени, а слой 0-5 см солончака трансформированного – к слабой, 6-15 см – к средней степени засоления.

Бесспорно, с ветром переносятся не только мелкодисперсные частицы почвы, но и соли, что особенно характерно для приморских равнин [23]. Но как показывают результаты анализов, поступающее таким путем количество их (2,0 мг.экв. /100 г) в слое 0-5 см несравненно меньше, содержащегося в солончаке корковом.

На поверхности солончака коркового в результате накопления прослойки илисто-песчаных фракций и формирования естественного фитоценоза, образуется, как уже отмечалось, новый светло гумусовый горизонт почвы W_{aer} , мощностью $5 \pm 0,8$ см, в котором содержится 1,26% гумуса. Согласно классификации и диагностике

почв России 2004 г. [24] этот горизонт классифицируется как гумусово-слаборазвитый, который развился на поверхности коркового солончака, и почву в данном случае можно называть солончаком реградированным. Поэтому в дальнейшем изложении данный подтип почвы мы будем называть солончаком реградированным (табл. 4).

В светло гумусовом горизонте солончака реградированного физической глины содержится 18,7%, или меньше, чем в светло гумусовом корковом горизонте солончака коркового на 11,3%. Следовательно, меняется и гранулометрический состав горизонта с легкосуглинистого на супесчаный.

Такие различия на таксономическом уровне между солончаком корковым и реградированным вызваны динамикой поверхностного горизонта в семилетнем цикле антропогенной трансформации солончака коркового. Из светло гумусового коркового он превратился в светло гумусовый эолово-аккумулятивный с вытекающими из этого последствиями по составу и свойствам почвы (в данной статье нет возможности рассматривать эти вопросы, они будут освещены в других публикациях), изменением формулы профиля и названия почвы (рис. 3).

Таблица 4. Формирование генетических горизонтов и профиля солончака коркового и трансформированного в Терско-Кумской низменности Прикаспия за 2011-2018 гг.**Table 4.** Formation of the genetic horizons and profile of crusty and transformed solonchak in the Terek-Kuma lowland of the Caspian (2011-2018)

| Горизонты, см Horizons, cm | 2011 г. | 2018 г. |
|---|--|--|
| Поверхностные Surface | AJ _к – светлогумусовый корковый / crusty / light-humus cortical | W _{ael} – светлогумусовый эолово-аккумулятивный / light humus aeolian-accumulative |
| Срединные Middle | BCAs – аккумулятивно-карбонатный солончаковый / accumulative-carbonate solonchak | |
| почвообразующая порода Soil-forming rocks | Cca – морские отложения, остаточна карбонатная / marine sediments, residual carbonate | |
| Формула профиля Profile formula | Ск ^к [AJ _к - AJ _с - BCA _с - Cca _с] | Ск ^W [W _{ael} - AJ _с - BCA _с - Cca _с] |
| Название почвы Name of soil | Солончак корковый легкосуглинистый на среднем суглинке Crusty solonchak light loam to medium loam | Солончак реградированный супесчаный на легком и среднем суглинке Regraded solonchak sandy loam to light and medium loam |

**Рисунок 3.** Исследование генетических горизонтов солончака реградированного на экспериментальном участке №5, 2018 г.**Figure 3.** Investigation of genetic horizons of regraded solonchak in experimental area No. 5, 2018

Создание на полностью лишенном растительности солончаке типичном автоморфном такого слоя способствовало появлению на ее поверхности в течение первого же года 58 экземпляров растений. В видовом составе в первый год преобладают эфемеры: полевичка малая (*Eragrostic minor* Host.), мортук восточный (*Eretopyrum orientale* (L.) Jaub. Et Spach.), бурачок пустынный (*Alussum desertorum* Stapf.), мятлик однолетний (*Poa annua* L.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), костер растопыренный (*Bromus squarrosus* L.), костер кровельный (*Anisantha tectorum* L.), а во втором году появляются еще и петросимония (*Petrosimonia* sp.), верблюжья колючка обыкновенная (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), дурнишник колючий (*Xanthium spinosum*), полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd.).

В течение восьми лет исследований количество растений увеличивались в 2,2 раза, проективное покрытие – в 2,8 раза, урожайность воздушно-сухой надземной массы – в 3,4 раза (табл. 5, рис. 4).

Урожаи воздушно-сухой биомассы такого уровня мы получали в рассматриваемом регионе на светло-каштановой и лугово-каштановой почвах в 2011-2013 гг. [25]. Можно предположить, что солончак реградированный может обеспечить достаточно высокую продуктивность фитоценоза и решает многие проблемы экологического порядка, в частности, снизить дефляцию почвы до экологически допустимого уровня, характерного для функционирующих экосистем с указанными выше типами почв.

На 1 см² поверхности почвы Терско-Кумской низменности в течение года поступает 50,87 ккал ФАР [19]. Такое количество энергии безвозвратно теряется на территориях, занятых солончаком корковым. На реградированном солончаке коэффициент использования его достигает 0,11-0,16. Он близок к тому уровню, который отмечался на светло-каштановой и лугово-каштановой типах почв.

Таблица 5. Основные показатели продуктивности фитоценозов при трансформации солончака типичного
Table 5. Basic indicators of productivity of phytocenoses in the transformation of typical solonchak

| Продолжительность наблюдений, год Duration of observations, year | Количество растений, экз./м ² Number of plants, ex./m ² | Проективное покрытие, % Projective cover, % | Урожайность воздушно-сухой фитомассы, т/га Yield of air-dry phytomass, t/ha |
|---|--|--|--|
| Первый Initial | 58 | 27 | 0,65 |
| Второй Second | 75 | 60 | 1,58 |
| Третий Third | 111 | 74 | 2,05 |
| Четвертый Fourth | 127 | 76 | 2,12 |
| Шестой Sixth | 128 | 76 | 2,10 |
| Восьмой Eighth | 128 | 77 | 2,15 |



Рисунок 4. Фитоценоз на солончаке реградированном, 2018 г.
Figure 4. Phytocenosis of regraded solonchak, 2018

Следует обратить внимание и на следующий аспект реградации солончака коркового экологического характера: сокращение эмиссии углерода из почвы. Доля углерода в созданной на этой почве 2,15 т/га надземной и 2,06 т/га подземной массы, составляет 45% [26]. Суммарное количество его в урожае фитомассы достигает 1,85 т/га, в то время как на солончаке корковом он не только не накапливается, но и теряется в атмосферу, усиливая парниковый эффект в природе.

ОБСУЖДЕНИЕ

В биологической и аграрной науке приводятся примеры вовлечение солончаков в аграрное производство с помощью промывок большим током воды. При этом водорастворимые соли, вымываемые из поверхностных слоев почвы в сбросные коллекторы, сохраняются в геологическом круговороте и в последующем обратно возвращаются в почву. Широко применяют агро-мелиоративные приемы снижения засоленности почв путем внесения 40-60 т/га навоза, такого же количества плодородной почвы, песка с последующей заправкой всей массы в почву и выращиванием пастбищных трав. Недостатком способа является необходимость заготовки, транспортировки и внесения в почву большого ко-

личества удобрений и земляной массы, что связано со значительными материальными и денежными затратами. Известны также способы освоения солончака типичного путем применения химических мелиорантов, способных нейтрализовать щелочную реакцию почвы. Недостатки способа те же – значительные материальные и денежные затраты [19]. А фитомелиорация солончака коркового в рассматриваемых нами условиях невозможна, поскольку они не заселяются растениями.

Кроме того, указанные способы мелиорации солончаков неприемлемы в полупустынных дефляционных ландшафтах Терско-Кумской низменности, поскольку любое механическое воздействие на почву сельскохозяйственными орудиями при заправке химикатов, навоза с землей, предпосевной подготовке почвы и посева трав вызывает усиление процессов дефляции и опустынивания территории.

В полупустынных экосистемах возможна, о чем свидетельствуют полученные нами экспериментальные данные, трансформация солончака коркового в солончак реградированный, путем накопления на его поверхности, постоянно перемещающихся по поверхности почвы под влиянием атмосферных процессов или-

сто-песчаных фракций с семенами дикорастущих видов растений. О возможности создания таким путем новых почв свидетельствуют результаты исследований Прокофьевой Т.В., Шишкова В.А., Кирюшина А.В., Иванникова Ф.А. [27], которые подтверждают, что даже атмосферная пыль может явиться материалом для почвообразования в городских условиях. В течение 10-20 лет «вблизи автомагистралей, где интенсифицируется процесс переноса пыли, создается возможность не только поступления пыли в почву, но и формирования почвенных горизонтов из пылеаэрозольных выпадений», которые, наряду с нефтепродуктами и тяжелыми металлами, содержат «до 10% карбонатов и до 7% органического углерода...».

М.А. Глазовская [26] указывает на важную роль эоловых процессов в почвообразовании в горных условиях. «Необходимым условием образования таких почв, – считает она – является наличие сомкнутого растительного покрова. При участии фауны беспозвоночных вновь осаждающийся эоловый мелкозем перемещается внутрь почвенной толщи, обогащается гумусом, илом и оструктурируется».

Эти вполне обоснованные высказывания выдающихся почвоведов всецело можно отнести, и даже с большим основанием, к условиям Северо-Западного Прикаспия, где ежегодно дефлируется более 10 т/га эолового материала. А этот материал, согласно полученным нами данным, может играть значительную роль в трансформации полупустынных солончаков региона. Только для его накопления на их поверхности надо создать соответствующие условия, в том числе и искусственные препятствия, желательны из органического материала, который в последующем может разложиться и обогатит почву.

Однако в данной области необходимы дальнейшие исследования по внутрипочвенной метаморфизации эолового материала, роли фауны беспозвоночных и подземной фитомассы в перемещении внутрь почвенной толщи вновь осаждающегося эолового мелкозема, в обогащении его гумусом, биофильными элементами, оструктурировании почвы и ряду других вопросов.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены основные закономерности и принципы формирования на поверхности солончака коркового эолово-аккумулятивного горизонта. Для этого на поверхности солончака коркового создается прослойка из илисто-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов, постоянно перемещающихся по поверхности почвы под влиянием атмосферных процессов.

2. Установлена возможность положительной трансформации слоя из илисто-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов в течение восьми лет в гумусовый эолово-аккумулятивный горизонт W_{aer} , мощностью 5 см±0,8 см и содержанием 1,26% гумуса.

На уровне ствола, отдела, типа, подтипа и рода солончака в связи с формированием на ее поверхности гумусового горизонта, изменения не происходят, они отмечены на видовом и нижележащих таксономическом уровнях. Тип засоления трансформированного солончака остается, как и коркового, сульфатно-хлоридным,

но степень засоления от очень сильной степени снижается в слое 0-5 см до слабой, в слое 6-15 см – до средней степени. Профиль солончака коркового $Ск^k [AJ_k - AJ_s - BSA_s - Csa_s]$ трансформируется на $Ск^w [W_{\text{aer}} - AJ_s - BSA_s - Csa_s]$, характерного для солончака реградированного.

3. Потери влаги из слоя 0-5 см солончака коркового при одном и том же количестве осадков увеличиваются по сравнению с солончаком реградированным в 2 раза, из слоя 5-10 см – в 2,9 раза, 10-20 см – в 3,7 раза. Суммарный расход воды из метрового слоя солончака реградированного на эвапотранспирацию (физическое испарение и транспирацию) составляет 2520 м³/га, только на испарение с поверхности солончака коркового тратится на 140 м³/га больше.

4. Интенсивное испарение влаги из верхних слоев солончака коркового приводит к повышению в нем концентрации солей и осмотического давления. Увеличение потерь влаги из солончака коркового, наряду с высоким физическим испарением, связано с поступлением почвенной влаги из солончака реградированного в латеральном направлении. Этим, отчасти, объясняется увеличение количества солеобразующих ионов Cl^- и SO_4^{2-} в верхних горизонтах солончака коркового и уменьшение их в солончаке реградированном.

5. Создание на полностью лишенном растительности солончаке корковом эолово-аккумулятивный горизонт слоя способствовало появлению на ее поверхности в течение первого же года 58 экземпляров растений с проективным покрытием 27%, урожайностью сухой надземной массы составила 0,65 т/га. За семь последующих лет количество растений увеличивались в 2,2 раза, проективное покрытие – в 2,8, урожайность воздушно-сухой надземной массы – в 3,4 раза.

6. Положительная трансформация солончака коркового в реградированный способствует оптимизации или улучшению ряда экологических факторов, в частности: снижению дефляции почвы и загрязнения воздушного бассейна пылеватыми фракциями; накоплению 1,85 т/га углерода в фитомассе естественного фитоценоза, улучшению соотношения стоков и эмиссии CO_2 и снижению парникового эффекта в природе; повышению коэффициента использования ФАР до 0,11-0,16 и предотвращению излишнего перегрева почвы и атмосферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саидов А.К. Современное агроэкологическое состояние почв Кизлярских пастбищ // Почвоведение. 2006. N 12. С. 1501-1511.
2. Гасанов Г.Н., Абасов М.М., Мусаев М.Р. Абдурахманов Г.М и др. Экологическое состояние и научные основы повышения плодородия засоленных и подверженных опустыниванию почв Западного Прикаспия. М.: Наука, 2006. 264 с.
3. Ковда В.А. Аридизация суши и борьба с засухой. М.: Наука, 1977. 276 с.
4. Добровольский Г.В., Федоров К.Н., Стасюк Н.В. Почвы северного Дагестана // Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение. 1972. N 17. С. 87-94.
5. Залибеков З.Г. О биологической концепции проблемы опустынивания // Аридные экосистемы. 1997. N 5. С. 7-18.

6. Стасюк Н.В., Добровольский Г.В., Добрынин Д.В., Залибеков З.Г., Саидов А.К. Интенсивность деградации почвенного покрова северного равнинного Дагестана // Вестник РАСХН. 2004. N 2. С. 32-34.
7. Саидов А.К. Солончаки водно-аккумулятивных равнин Западного Прикаспия и их некоторые генетические особенности (на примере Кизлярских пастбищ) // Юг России: экология, развитие. 2008. Т. 3. N 2. С. 113-121.
8. Голованов А.И., Сотнева Н.И. Математическое моделирование влаго-солепереноса в геосистемах солонцовых комплексов Северного Прикаспия // Почвоведение. 2009. N 3. С. 273-289.
9. Стасюк Н.В., Добрынин Д.В. Оценка динамики опустынивания почвенного покрова низменных территорий Дагестана с использованием космических снимков // Почвоведение. 2013. N 7. С. 778-787. DOI: 10.7868/S0032180X13070113
10. Stasyuk N.V., Tseits M.A., Konyushkova M.V., Marechek M.S. Verification of Predicted Dynamics of Soil Degradation Using Satellite Imagery // Moscow University Soil Science Bulletin. 2017. V. 72. Iss. 4. P. 161-164. DOI: 10.3103/S0147687417040056
11. Стасюк Н.В., Цейц М.А., Конюшкова М.В., Маречек М.С. Верификация прогнозной динамики деградации почвенного покрова с использованием космических снимков // Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение. 2017. N 4. С. 21-25.
12. Гасанов Г.Н., Мусаев М.Р., Абдурахманов Г.М., Курбанов С.А., Аджиев А.М. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия. М.: Наука, 2004. 270 с.
13. Мирзоев Э.М-Р., Алишаев М.Г. Теоретические основы рассоления почв дождеванием и освоения трудно-мелиорируемых земель Дагестана. Махачкала: Даг. филиал АН СССР, 1990. 166 с.
14. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1962. 491 с.
15. Определение валового азота и фосфора в почвах по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85). Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
16. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26205-91. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1970. 9 с.
17. Муртазалиев Р.А. Конспект флоры Дагестана. Т.I (Lisorodiaceae – Urticaceae). 320 с.; Т.II (Euphorbiaceae – Dipsacaceae). 248 с.; Т.III (Campanulaceae – Hippuridaceae). 304 с.; Т.IV (Melanthiaceae – Acoraceae). 232 с. / Отв. ред. чл.-корр. РАН Р. В. Камелин. Махачкала: Издательский дом «Эпоха». 2009.
18. Титлянова А.А. Бюджет элементов питания в экосистемах // Почвоведение. 2007. N 12. С. 1422-1429.
19. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р., Султанрахмедов М.С. Теоретически возможная и практически реализуемая по условиям влагообеспеченности и засоленности продуктивность светло-каштановой почвы Северо-Западного Прикаспия (на примере Кочубейской биосферной станции) // Юг России: экология и развитие. 2014. Т. 9. N 2. С. 130-138. DOI: 10.18470/1992-1098-2014-2-130-138
20. Гасанова З.У., Желновакова В.А., Бийболатова З.Д., Абдурашидова П.А., Батырмурзаева П.А., Загидова Р.М. Ветровая эрозия и органическое вещество светло-каштановых почв Терско-Кумской низменности // Почвы аридных регионов, их динамика и продуктивность в условиях опустынивания. Материалы Всероссийской конференции (70-летию проф. З.Г. Залибекова). 2007. С. 69-72.
21. Зволинский В.П., Шамсутдинов З.Ш., Хомяков Д.М. Разработка и освоение рациональных технологий восстановления природно-ресурсного потенциала и повышение продуктивности аридных территорий Российской Федерации на 1998-2010 гг. (проект программы) // В сб.: Повышение продуктивности и охрана аридных ландшафтов. М.: МГУ, 1999. 209 с.
22. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М-Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала. 2008. 336 с.
23. Гасанов Г.Н., Мусаев М.Р., Абдурахманов Г.М. и др. Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия. М.: Наука, 2004. 270 с.
24. Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинова Э.З. Биогеоцено-технология восстановления нарушенных аридных пастбищных экосистем // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2007. N 3. С. 37-39.
25. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Ахмедова З.Н., Абдулаева А.С., Баширов Р.Р. Динамика экологических факторов и реализация потенциала продуктивности экосистем с лугово-каштановой почвой в Терско-Кумской низменности Прикаспия // Юг России: экология и развитие. 2015. Т. 10. N 3. С. 99-111. DOI: 10.18470/1992-1098-2015-3-99-111
26. Прокофьева Т.В., Шишков В.А., Киришин А.В., Иванников Ф.А. Атмосферная пыль как материал для почвообразования: опыт исследования почвенных тел на городских золовых отложениях // Материалы международной научной конференции «Роль почв в биосфере и жизни человека. М.: МГУ, 5-7 октября 2015 г. Москва, МАКС ПРЕСС. 2015. С. 228-229.
27. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. Москва: Либроком, 2009. 336 с.

REFERENCES

- Saidov A.K. Agroecological status of soils of Kizlyar pastures. Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]. 2006, no. 12, pp. 1501-1511. (In Russian)
- Gasanov G.N., Abasov M.M., Musaev M.R. Abdurakhmanov G.M. et al. *Ekologicheskoe sostoyanie i nauchnye osnovy povysheniya plodorodiya zasolennykh i podverzhennykh opustynivaniyu pochv Zapadnogo Prikaspiya* [Ecological condition and scientific basis of increase of fertility of the saline and the soils of the Western Caspian exposed to desertification]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 264 p. (In Russian)
- Kovda V.A. *Aridizatsiya sushi i bor'ba s zasukhoi* [Land aridization and drought control]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 276 p. (In Russian)
- Dobrovolskiy G.V., Fedorov K.N., Stasyuk N.V. The Soil of North Dagestan Republic. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya Pochvovedenie [Bulletin of Moscow University. Series Soil Science]. 1972, no. 17, pp. 87-94. (In Russian)
- Zalibekov Z. G. On the biological concept of desertification. Aridnye ekosistemy [Arid ecosystems]. 1997, no. 5, pp. 7-18. (In Russian)
- Stasyuk N.V. Dobrovolskiy G.V., Dobrynin D.V., Zalibekov Z.G., Saidov A.K. The intensity of degradation of the soil

- cover of the Northern plains of Dagestan. *Vestnik RASKhN* [Bulletin of the RAAS]. 2004, no. 2, pp. 32-34. (In Russian)
7. Saidov A.K. Alkali soils of water-accumulated plains of Western Caspiy and some their genetic peculiarities (the example of Kizlyar pastures). *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2008, vol. 3, no. 2, pp. 89-95. (In Russian)
8. Golovanov A.I., Sotneva N.I. Mathematical simulation of water and salt transfer in geosystems of solonchic soils in the Northern Caspian region. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science]. 2009, no. 3, pp. 273-289. (In Russian)
9. Stasyuk N.V., Dobrynin D.V. Assessment of the dynamics of desertification of the soil cover of low-lying areas of Dagestan using satellite images. *Eurasian Soil Science*, 2013, no. 7, pp. 778-787. (In Russian) DOI: 10.7868/S0032180X13070113
10. Stasyuk N. V., Tseit's, M. A., Konyushkova M. V., Marechek M. S. Verification of predicted dynamics of soil degradation using satellite imagery (verification of the predicted dynamics of land degradation using satellite images). *Moscow University. Soil Science Bulletin*, 2017, vol. 72, iss. 4, pp. 161-164. (In Russian) DOI: 10.3103/S0147687417040056
11. Stasyuk N.V., Tseyts M.A., Konyushkova M.V., Marechek M.S. Verification of predicted dynamics of soil degradation using satellite imagery. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya Pochvovedenie* [Bulletin of Moscow University. Series Soil science]. 2017, no. 4, pp. 21-25. (In Russian)
12. Gasanov G.N., Musaev M.R., Abdurakhmanov G.M., Kurbanov S.A., Adzhiev A.M. *Fitomeliorsiya zasolennykh pochv Zapadnogo Prikaspiya* [Phytomelioration of saline soils of the Western Caspian]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 270 p. (In Russian)
13. Mirzoev E.M.-R., Alishayev M.G. *Teoreticheskie osnovy rassoleniya pochv dozhdevaniem i osvoeniya trudnomelioriruemykh zemel' Dagestana* [Theoretical basis for the desalinization of soils by irrigation and development of difficult to ameliorate land in Dagestan]. Makhachkala, Dagestan Branch, USSR Academy of Sciences Publ., 1990, 166 p. (In Russian)
14. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskoy analizu pochv* [Manual of Chemical Analysis of Soils]. Moscow, MSU Publ., 1962, 491 p. (In Russian)
15. Yagodin B.A., Deryugin I.P., Zhukov Yu.P., et al. GOST 26483-85. The determination of gross nitrogen and phosphorus in soils by the TIN method. *Workshop on Agrochemistry*. Moscow, Agropromizdat, 1987, 512 p. (In Russian)
16. GOST 26205-91. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Machigin method in the modification of the TIN. *Moscow, Committee of standardization and Metrology of the USSR*, 1970, 9 p. (In Russian)
17. Murtazaliev R.A. *Konspekt flory Dagestana* [Summary of the Flora of Dagestan]. Vol. I (Lycopodiaceae – Urticaceae), 320 p., Vol. II (Euphorbiaceae – Dipsacaceae), 248 p., Vol. III (Campanulaceae – Hippuridaceae), 304 p., Vol. IV (Melanthiaceae – Acoraceae), 232 p. Makhachkala, «Epo-kha» Publ., 2009. (In Russian)
18. Titlyanova A. A. Nutrient budget in ecosystems. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science]. 2007, no. 12, pp. 1422-1429. (In Russian)
19. Hasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Akhmedova Z.N., Abdulaeva A.S., Bashirov R.R., Sul-tanakhmedov M.S. Theoretically possible and practically realizable productivity of the light-chestnut soils of the Northern West Caspian region according to moisture and salinity (the example of Kochubey biosphere station of PIBR DNC RAS). *South Russia: ecology and development*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 130-138. (In Russian) doi: 10.18470/1992-1098-2014-2-130-138
20. Gasanova Z.U., Zhelnovakova V.A., Biybolatova Z.D., Abdurashidova P.A., Batyrmurzaeva P.A., Zagidova R.M. Vetrovaya eroziya i organicheskoe veshchestvo svetlo-kashtanovykh pochv Tersko-Kumskoi nizmennosti [Wind erosion and organic matter of the light-chestnut soils of the Terek-Kuma lowland]. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii (70-letiyu prof. Z.G. Zalibekova) «Pochvy aridnykh regionov, ikh dinamika i produktivnost' v usloviyakh opustynivaniya»*, Makhachkala, 2007 [Materials of all-Russian Conference on the 70th anniversary of Prof. ZG. Zalibekov], Soils of Arid Regions, Their Dynamics and Productivity in Conditions of Desertification, Makhachkala, 2007]. Makhachkala, 2007, pp. 69-72. (In Russian)
21. Zvolinskiy V.P., Shamsutdinov Z.Sh., Khomyakov D.M. [Development and deployment of rational technologies for the restoration of natural resource potential and increase of productivity of arid territories of the Russian Federation for 1998-2010 (draft programme)]. In: *Povyshenie produktivnosti i okhrana aridnykh landshaftov* [Increase of Productivity and Protection of Arid Landscapes]. Moscow, Moscow State University Publ., 1999, 209 p. (In Russian)
22. Balamirzoev M.A., Mirzoev E.M.-R., Adzhiev A.M., Mufaradjev K.G. *Pochvy Dagestana. Ekologicheskie aspekty ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya* [Soils of Dagestan. Environmental Aspects of Their Rational Use]. Makhachkala, 2008, 336 p. (In Russian)
23. Gasanov G.N., Musayev M.R., Abdurakhmanov G.M., et al. *Fitomeliorsiya zasolennykh pochv Zapadnogo Prikaspiya* [Phytomelioration of Saline Soils of the Western Caspian]. Moscow, Nauka Publ., 2004, 270 p. (In Russian)
24. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinova E.Z. Biogeocoenotechnology of restoring damaged arid pasture ecosystems. *Vestnik Rossiiskoi akademii selskokhozyaystvennykh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2007, no. 3, pp. 37-39. (In Russian)
25. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Akhmedova Z.N., Abdulaeva S.M., Bashirov R.R. Dynamics of environmental factors and realization of the potential productivity of ecosystems with meadow-chestnut soils in the Terek-Kuma Caspian lowland. *South of Russia: ecology and development*, 2015, vol. 10, no. 3, pp. 99-111. (In Russian) doi: 10.18470/1992-1098-2015-3-99-111
26. Prokofieva T.V., Shishkov V.A., Kiryushin A.V., Ivannikov F.A. Atmosfernaya pyl' kak material dlya pochvoobrazovaniya: opyt issledovaniya pochvennykh tel na gorodskikh eolovykh otlozheniyakh [Atmospheric dust as a material for soil formation: the experience of studying soil bodies on urban aeolian sediments]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsiya «Rol' pochv v biosfere i zhizni cheloveka, Moskva, 5-7 oktyabrya 2015* [Proceedings of the international scientific conference, Role of Soils in the Biosphere and Human Life", Moscow, 5-7 October 2015]. Moscow, MAX PRESS Publ., 2015, pp. 228-229. (In Russian)
27. Glazovskaya M.A. *Pedolitogenez i kontinental'nye tsikly ugleroda* [Pedolithogenesis and Continental Cycles of Carbon]. Moscow, Librokom Publ., 2009, 336 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Гасан Н. Гасанов проанализировал данные с предварительным определением (названием) почв и выявил экологические аспекты формирования солончака реградированного на экспериментальных участках, написал рукопись. Загирбег М. Асадулаев, Магомед Р. Мусаев, Нурислан Р. Магомедов, Айтемир А. Айтемиров и Сергей Л. Десинов проанализировали экспериментальные данные, участвовали в подготовке статьи. Татьяна А. Асварова – анализ флористического состава, определение видов растений, проведение химических анализов в почвенных и растительных образцах. Зарема У. Гасанова описание почвенных разрезов с предварительным определением (названием) почв. Камил М. Гаджиев и Рашид Р. Баширов – закладка почвенных разрезов, отбор почвенных образцов на влажность, химический анализ. Айшат С. Абдулаева отбор почвенных и растительных образцов на химический анализ, проведение химических анализов в почвенных и растительных образцах. Заира Н. Ахмедова проведение химических анализов в почвенных образцах. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Gasan N. Gasanov: analysed the data with preliminary definition (name) of soils, identified the environmental aspects of the formation of regraded solonchak in the experimental areas and wrote the manuscript. Zagirbeg M. Asadulaev, Magomed R. Musayev, Nurislan R. Magomedov, Aytemir A. Aytemirov and Sergey L. Desinov: analysed the experimental data and participated in the preparation of the article. Tatyana A. Asvarova: analysed the floristic composition, certain types of plants and undertook chemical analyses of soil and plant samples. Zarema U. Gasanova: described soil sections with preliminary definition (nomenclature). Kamil M. Gadzhiev and Rashid R. Bashirov: laying of soil sections, soil moisture sampling and undertook chemical analysis. Aishat S. Abdulaeva: selected soil and plant samples for chemical analysis and undertook chemical analysis of soil and plant samples. Zaira N. Akhmedova: carried out chemical analyses of soil samples. All authors are equally responsible for the plagiarism and self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors state that there is no conflict of interest.

ORCID

Гасан Н. Гасанов / Gasan N. Gasanov <https://orcid.org/0000-0002-6181-5196>
Загирбег М. Асадулаев / Zagirbeg M. Asadulaev <https://orcid.org/0000-0001-5370-6611>
Татьяна А. Асварова / Tatyana A. Asvarova <https://orcid.org/0000-0002-5285-9250>
Зарема У. Гасанова / Zarema U. Gasanova <https://orcid.org/0000-0001-6252-5054>
Камил М. Гаджиев / Kamil M. Gadzhiev <https://orcid.org/0000-0003-1150-9593>
Рашид Р. Баширов / Rashid R. Bashirov <https://orcid.org/0000-0002-6331-2592>
Айшат С. Абдулаева / Aishat S. Abdulaeva <https://orcid.org/0000-0001-9056-1909>
Заира Н. Ахмедова / Zaira N. Akhmedova <https://orcid.org/0000-0002-7141-939X>
Магомед Р. Мусаев / Magomed R. Musayev <https://orcid.org/0000-0002-3170-208>
Нурислан Р. Магомедов / Nurislan R. Magomedov <https://orcid.org/0000-0003-3871-0932>
Айтемир А. Айтемиров / Aytemir A. Aytemirov <https://orcid.org/0000-0002-1573-0204>
Сергей Л. Десинов / Sergey L. Desinov <https://orcid.org/0000-0001-7254-6510>