

УДК 631.4:528.7
DOI: 10.7868/S25000640220306

ДИАГНОСТИКА ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОКА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2022 г. А.И. Жумбей¹, О.С. Безуглова¹

Аннотация. Приведены результаты диагностики процессов деградации почв юго-восточных районов Ростовской области. Для определения степени дигрессии пастбищ и состояния лесополос обследовано 85 точек: 3 пастбищных и 1 фоновый участок, на которых заложены почвенные разрезы и описаны растительные сообщества (площадки геоботанического описания 100 м²); 76 пробных площадок по 225 м², на которых определено проективное покрытие для последующего статистического сопоставления значений этого показателя и индекса SAVI; 4 площадки, на которых изучен видовой состав растительных сообществ на местах с видимыми признаками нарушения древостоя на территории одной из крупнейших полезащитных лесополос в Дубовском районе. Собранные данные обработаны в программной среде ESRI ArcGIS, и на их основе построены карты проективного покрытия обследованных участков.

Деградация пастбищных фитоценозов имеет локальный характер ввиду изменения системы животноводства – отгонный тип со временем был частично заменен на регулярный выпас вблизи населенных пунктов и ферм, вокруг которых образуются кольцеобразные очаги дигрессии.

Деградационные процессы пастбищных участков характеризуются разрушением дернового слоя, утяжелением фракционного состава на фоне разрушения мезоагрегатной структуры, локальным понижением продуктивности пастбищных угодий в пределах 0,1 г/га (20% от среднего значения). Полученные результаты дают возможность судить о неравномерном использовании территории пастбищ, приводящем к локальной дигрессии и риску развития эрозии почвенного покрова. Лесные насаждения в сухостепной зоне подвержены экстремальной климатической нагрузке и не имеют достаточного ресурса для самообновления. Деревья первого яруса погибают, оставляя деревья второго яруса и кустарники под прямыми солнечными лучами, это сопровождается сменой травянистых сообществ подлеска сообществами рудеральных растений. В настоящее время полезащитные лесонасаждения нуждаются в проведении работ по их искусственному восстановлению, особенно лесополосы в сочетании с сельскохозяйственными землями.

Ключевые слова: деградационные процессы, опустынивание, ГИС, дистанционное зондирование, пастбища, полезащитные лесонасаждения.

DIAGNOSTICS OF SOIL DEGRADATION PROCESSES IN THE SOUTH-EASTERN PART OF THE ROSTOV REGION WITH THE USE OF GIS

A.I. Zhumbei¹, O.S. Bezuglova¹

Abstract. The research aims determination of peculiar dry land processes in the most fragile systems like pasturelands and forest shelter bands. The research is made for Dubovskoe, Zimovniki, Zavetnoe administrative districts of Rostov Region. For the degression scale of pasturelands and artificial forestry condition determination, remote sensing methods are used. Standard soil observations for soil morphology were performed. Establishment of bench marks were made with geobotanical observation and plant cover

¹ Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского Южного федерального университета (Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344080, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1, e-mail: zhumbyay@sfnedu.ru

determination. The territory of each observation site was mapped using benchmarking method. The derived data processed in ESRI ArcGIS software environment by controlled automatic classification. Pastureland degradation processes are characterized by depletion of turf surface, silt and loam particles removed from the topsoil layer, and decreasing in plant communities' productivity. Pastureland degradation risk estimation performed according to recently developed scale. Artificial forestry objects in dry semi-arid lands have significant climatic pressure and therefore they haven't enough resources for self-renovation. Trees of the first forest floor are fading and dying leaving the second floor and forest bed under the sun which is the driver of plant community transformation to ruderal type. The results we reached tell us about uneven use of pasturelands which leads to local soil degradation risk.

Keywords: degradation processes, desertification, geographic information system, remote sensing, pasturelands, forest shelter belts.

ВВЕДЕНИЕ

Ростовская область в силу своего географического положения представлена среди всех отраслей преимущественно сельскохозяйственным производством. Угрозой для устойчивого ведения хозяйства является неконтролируемое разрушение основных составляющих ландшафта – почв, растительных сообществ, мелиоративных систем. Деградация земель – это процесс разрушения устойчивых ландшафтов под воздействием деятельности человека и/или при сочетании естественных процессов, таких как повышение максимальных температур и выпадение малого количества относительно сезонной нормы осадков. В условиях аридизации климата деградация ландшафтов приобретает характер опустынивания. Согласно определению опустынивания, данного Конвенцией ООН, деградация аридных и засушливых земель является трудно компенсируемым разрушительным климатическим изменением. Снижение продуктивности пастбищных угодий на фоне засоления, дефляции и/или водной эрозии поддается восстановлению только при проведении масштабных мелиоративных мероприятий. Разрушение системы полезащитных лесных насаждений является естественным процессом сукцессионного восстановления, при котором древесная и кустарниковая растительность, нехарактерная для семиаридной зоны, без искусственного возобновления безвозвратно погибает, оставляя после себя полупустынный ландшафт, который продолжает использоваться человеком.

Юго-восточные районы Ростовской области находятся в семиаридной зоне, в силу чего эти территории подвержены риску опустынивания. Опустынивание как следствие деятельности человека наступает при существенном нарушении равновесия ландшафтов и выражается в снижении их про-

дуктивности [1]. Засоление, дефляция, дигрессия пастбищ – это процессы, в результате которых со временем наступает опустынивание. Перечисленные процессы диагностируются в Ростовской области все чаще, в связи с чем требуется проводить мероприятия для их своевременного выявления. Выпотной водный режим и высокое содержание легкорастворимых солей при жарком лете и мало-снежной зиме в семиаридном климате создают неблагоприятные условия для полезащитных лесных насаждений, которые требуют постоянного мониторинга и проведения мероприятий по поддержанию их защитных свойств [2; 3].

В рамках исследования, проведенного группой ученых из Института наук о Земле Южного федерального университета (Ростов-на-Дону), районы Ростовской области были сгруппированы в природно-ресурсные зоны, и для каждой из них был рассчитан климатический потенциал [4]. Для зоны юго-востока, в которую входят Дубовский, Зимовниковский, Заветинский и Ремонтненский районы, характерен климатический потенциал, равный 2,9, – самый низкий в регионе в силу сочетания суммы активных температур более 3000 с обеспеченностью атмосферными осадками в среднем на уровне 350 мм в год. Ресурсный потенциал складывается из земельных, растительных, водных, а также минеральных, рекреационных угодий. Исходя из имеющихся данных, юго-восточная зона обладает природно-ресурсным потенциалом, равным 6, – также наименьшим в Ростовской области. Однако это не означает ее низкую значимость в структуре народного хозяйства [4].

Сельскохозяйственные угодья Ростовской области представлены на 69,96 % пахотными землями и на 28,3 % – пастбищами, а на оставшиеся 1,74 % приходятся сенокосы и многолетние насаждения [5]. Юго-восточные районы области лидируют

Таблица 1. Пастбища в составе земель сельскохозяйственного назначения районов юго-востока Ростовской области [3]
Table 1. Pastureland percentage in agricultural land area of south-eastern part of Rostov Region [3]

| Район District | Площадь земель сельскохозяйственного назначения, га / Area of agricultural lands, ha | Площадь пастбищ, га / Area of pasturelands, ha | Доля пастбищ в землях сельскохозяйственного назначения, % / Percentage of pasturelands in all agricultural land area, % |
|-----------------------------|---|---|--|
| Дубовский Dubovskoe | 346956 | 187902 | 54 |
| Заветинский Zavetnoe | 446769 | 312 467 | 70 |
| Зимовниковский Zimovniki | 284387 | 174707 | 61 |

по территориям, занятым пастбищами, где они составляют 54–70 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения (табл. 1).

Современное состояние семиаридных ландшафтов юго-востока Ростовской области характеризуется повышенной нагрузкой на пастбищные угодья и деградацией защитных лесных насаждений в условиях невозможности их естественного возобновления. Постепенное разрушение сети защитных лесополос приводит к утере зон аккумуляции атмосферной влаги и перераспределению поверхностного стока, что сопровождается в ряде случаев плоскостным смывом почвы на землях сельскохозяйственного назначения и локальными засухами. Распространение пыльных бурь на территории Калмыкии и прилегающих к ней районов Ростовской области показывает, что необходимо уделять внимание данной проблеме, не дожидаясь катастрофического разрушения экосистемы [6; 7].

По данным Росстата, за последние годы поголовье скота в Ростовской области выросло до значений 1980-х гг. [8]. Интенсивный выпас скота при росте поголовья приводит к повышению нагрузки на пастбищные угодья. Распределение поголовья изменилось в сторону практически равного соотношения между личными подсобными хозяйствами населения и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами. Отсутствие централизованного управления сельскохозяйственными мероприятиями в животноводстве привело к появлению локальных очагов сбитых пастбищ вокруг мест содержания животных и населенных пунктов [9].

Активное животноводство при нарушении правил выпаса в семиаридной зоне приводит к деградации сухостепных и полупустынных территорий, причем эта проблема не является новой для Южного федерального округа [9].

Лидирует по численности мелкого рогатого скота Ремонтненский район ввиду преобладания полупустынно-степных растительных сообществ на каштановых и светло-каштановых солонцеватых почвах в комплексах с солонцами – в этих условиях ведение иных видов сельского хозяйства малоэффективно. Существенный прирост поголовья (96 % за период с 2008 по 2021 г.) отмечается в Дубовском районе – втором по численности мелкого рогатого скота, тогда как в Ремонтненском наблюдается незначительный прирост по этому показателю (в пределах 1 %), а в Заветинском – даже снижение поголовья на 23 % [8]. По общему количеству учтенных единиц крупного рогатого скота лидирующим является Дубовский район, характеризующийся более подходящими почвенно-климатическими условиями, в которых формируются разнотравно-типчаково-ковыльные растительные сообщества с достаточно высокой продуктивностью. Таким образом, нагрузка на пастбищные земли в этом регионе достаточно высокая, что свидетельствует о необходимости постоянного мониторинга состояния пастбищных земель и поиска более доступных и информативных методов оценки их продуктивности.

Цель исследования – провести диагностику процессов опустынивания юго-востока Ростовской области на территории Дубовского, Заветинского и Зимовниковского районов с применением современных дистанционных методов.

В задачи исследования входили:

- выбор и закладка пробных участков, обладающих основными репрезентативными свойствами изучаемых районов;

- диагностика деградации пастбищ по проективному покрытию, продуктивности и флористическому составу растительных сообществ;

– диагностика состояния лесных насаждений на основе изучения видового состава растительных сообществ участков насаждений с различной степенью разреженности древостоя;

– анализ почв пробных участков по основным свойствам: содержание гумуса, основных питательных элементов и гранулометрический состав;

– выявление связей между проективным покрытием пастбищ и значениями индекса растительности с коррекцией по почве (SAVI, Soil-Adjusted Vegetation Index);

– построение карт современного состояния растительного покрова пастбищ и лесных насаждений на основе натуральных данных проективного покрытия и использования данных дистанционного зондирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование процессов деградации почв проводили в юго-восточных районах Ростовской области (Заветинский, Дубовский и Зимовниковский) с 2015 по 2021 г. Ввиду географического положения и агроклиматических условий в названных районах пастбищные угодья наиболее обширны и однородны по своему растительному составу. Почвы преимущественно темно-каштановые и каштановые, тяжелые по гранулометрическому составу, часто с признаками осолонцевания, плотные и очень плотные по слоению [9].

Для исследования было выбрано 5 пробных участков (рис. 1, табл. 2) по признаку присутствия на них основных репрезентативных свойств территории названных районов и по зарегистриро-

ванному типу использования согласно данным публичной кадастровой карты [10]. Три участка (P2, P3, P7) расположены на пастбищах, которые активно используются местными жителями для выпаса скота из домашних хозяйств и мелкими фермерскими хозяйствами. Участок P8 использован в качестве контрольного, поскольку не подвергается систематическому выпасу и не включен в иные виды использования земель. Один участок (ЛР1) представляет собой фрагмент лесополосы протяженностью 5 км (рис. 1, табл. 2).

На участках заложено 12 площадок геоботанического описания, 76 площадок для измерения проективного покрытия, 5 почвенных разрезов и 10 прикопок. Почвенные разрезы закладывали с целью классифицирования типов почв и отбора образцов для определения в них гранулометрического состава, содержания гумуса, азота, фосфора и калия, глубины вскипания карбонатов. Для вычисления зависимости между проективным покрытием и значениями SAVI было выбрано 76 площадок по 225 м², для оценки проективного покрытия – по 20 площадок на участках P2 и P7, 21 площадка на участке P3, 12 площадок на участке P8.

Почвы. Исследуемые юго-восточные районы Ростовской области располагаются на территориях распространения сухостепного умеренно сухого (Дубовский, Зимовниковский районы), сухого (Заветинский район) и полупустынного (Заветинский район) типов ландшафта. Сухостепной тип приурочен к Манычской долине, с запада на восток разделяющейся на умеренно сухой, сухой и очень сухой подтипы ландшафта. Полупустынные ландшафты распределяются по склонам и надпойменным террасам востока Сало-Манычской равнины [11].

Дубовский район, согласно данным цифровой почвенной карты, представлен по правому берегу р. Сал комплексами темно-каштановых почв и автоморфных солонцов. По левому берегу расположены комплексы каштановых солончаковатых почв и автоморфных солонцов. Поймы рек занимают аллювиальные засоленные почвы. Зимовниковский район характеризуется наличием в почвенном покрове темно-каштановых почв солонцеватых и солончаковатых родов в комплексах с лугово-каштановыми. Заветинский район представлен комплексами светло-каштановых, каштановых солонцеватых и солончаковатых почв в качестве основных и автоморфными солонцами и лугово-каштановыми почвами в качестве сопутствующих первым [11].



Рис. 1. Схема расположения пробных участков.
Fig. 1. Observation sites layout.

Таблица 2. Пробные участки исследуемой территории
Table 2. Sampling sites of research area

| Участок Observation site | Географические координаты / Coordinates | Район District | Тип использования Land use type | Площадь, га Area, ha |
|-----------------------------|---|-----------------------------|--|-------------------------|
| ЛР1 | 47°24'6.318" N, 42°40'54.24" E | Дубовский Dubovskoe | лесополоса вдоль автомобильной дороги / forest shelterbelt along highway | 1480,154 |
| Р2 | 47°9'26.7" N, 43°46'6.55" E | Зимовниковский Zimovniki | пастбище pastureland | 12,10543 |
| Р3 | 47°15'30.445" N, 42°39'18.126" E | Заветинский Zavetnoe | пастбище pastureland | 3380,483 |
| Р7 | 47°16'42.37" N, 43° 25' 5.15" E | Дубовский Dubovskoe | пастбище pastureland | 772,0364 |
| Р8 | 47°33'43.21" N, 42°25'9.28" E | Дубовский Dubovskoe | залежь temporarily non-agricultural land | 1480,154 |

На пастбищных участках заложено 5 разрезов и по 2 прикопки на расстоянии 20–30 м выше и ниже от каждого разреза по направлению общего уклона площадки для уточнения морфологической однородности почвенного типа. Почвенные образцы отбирали из каждого горизонта почвенного разреза в количестве 1 кг [12]. Морфологическое описание проводили в соответствии с классической методикой описания почвенных разрезов [13]. Анализ гранулометрического состава проведен методом Качинского в модификации Долгова – Личмановой [14]. Для определения содержания аммонийного и нитратного азота использован ГОСТ 26489-85 [15], нитратного азота – ГОСТ 26951-86 [16], подвижных форм фосфора и калия – ГОСТ 26205-91 [17]. Для определения гумуса применен ГОСТ 26213-2021 [18].

Геоботаническое обследование. При натурном обследовании растительного покрова проводили геоботаническое описание согласно методике [19]. На площадках размером 15 × 15 м (225 м²) осуществляли оценку проективного покрытия и определение видов по справочнику «Флора Нижнего Дона» [20], а также использовали программный продукт на основе машинного обучения Floga Incognita [21]. Высоту деревьев измеряли методом, основанным на принципе определения сторон подобных треугольников [22]. Методология описания древостоя использована классическая для таксационных работ [22].

Рассмотренная лесополоса (участок ЛР1) состоит из трех параллельных линейных лесных

насаждений, разделенных внутри продольными технологическими проездами. Для определения флористического состава лесополосы было выбрано 12 площадок по 15 × 15 м (225 м²) в 4 точках. Площадки закладывали в 10 м друг от друга на каждой из трех продольных частей лесонасаждения, названных по их положению в пространстве «южная часть», «срединная часть» и «северная часть». Расположение точек выбрано в местах с ярко выраженными дешифровочными признаками [23], отражающими состояние древостоя и считываемыми визуально по космоснимку Landsat 8 [24]. Таким образом, было выбрано 4 точки по предполагаемому состоянию древостоя:

– точка Л1 – деревья первого яруса сохранились, кустарниковый ярус разрежен, древостой имеет очаги выпадения;

– точка Л2 – деревья первого яруса отсутствуют, кустарниковый ярус разрежен;

– точка Л3 – деревья первого яруса частично выпали, кустарниковый ярус разрежен;

– точка Л4 – сомкнутость крон деревьев первого яруса 100 %, кустарниковый ярус сомкнут на 100 %, продольные линии разграничения лесонасаждения не видны.

Анализ отражательной способности поверхности пробных площадок. Для дистанционного зондирования применяли материалы космической съемки спутника Landsat 8, оснащенного набором Operational Land Imager (OLI), который делает съемку поверхности Земли в 9 каналах с максимальным разрешением 30 м в панхроматическом

и инфракрасном спектрах. Спектральные каналыOLI представлены на официальном сайте геологической службы США [24].

Посредством построения индексов NDVI (нормализованный вегетационный индекс, Normalized Difference Vegetation Index) и SAVI оценивали активность вегетации на пробных площадках за период 6 лет, с 2015 по 2021 г. Индекс SAVI – это индекс NDVI [25], формула которого дополнена коэффициентом облиствения в диапазонах красного и ближнего инфракрасного излучения, что дает большую точность для разреженных участков растительности. SAVI использовали ввиду заведомой разреженности сухостепной растительности. Формулы расчета индексов представлены далее:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где *NIR* – коэффициент отражения в ближнем инфракрасном спектре; *RED* – коэффициент отражения в красном спектре видимого излучения.

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} \cdot (1 + L),$$

где *L* – коэффициент облиствения (обычно принимается за 0,5 для разреженной растительности) [25].

Все расчеты индексов проведены в программе ArcGIS.

Оценка взаимосвязи значений индекса SAVI и проективного покрытия. Для определения проективного покрытия было заложено 76 площа-

док. Используемые материалы космической съемки имеют разрешение, при котором один пиксель покрывает квадрат на местности с длиной стороны 30 м. Площадь, покрываемая одним пикселем, составляет 900 м². Для удобства счета было принято, что один пиксель на местности представляет собой 4 пробные площадки по 225 м² каждая. На территории пробных участков в случайном порядке выбирали область, на которой закладывали площадки. Вершины границ этих площадок отмечали в GPS-навигаторе, по ним впоследствии строили полигональную сетку в ArcGIS, и в пределах данных площадок вручную производили подсчет значений SAVI. В итоге полученные данные были обработаны с помощью корреляционного анализа в MS Excel.

Статистическая обработка данных. Проведены расчеты корреляции между значениями индекса SAVI и проективным покрытием, определенным при полевом обследовании и рассчитанным по методике В.Г. Юферева, изложенной в работе А.С. Рулева с соавторами [26].

Оценка состояния пастбищ. Оценка степени деградации пастбищ (табл. 3) проведена по соответствию проективного покрытия рангам деградации согласно шкале, предложенной В.Г. Юферевым (цит. по [26]).

Расчет продуктивности. В диссертации В.Г. Юферева (цит. по [26]) дан регрессионный пересчет значений проективного покрытия в продуктивность пастбищ на основе проведенных исследований. Формулы регрессионных уравнений для расчета продуктивности ковыльного и солонча-

Таблица 3. Шкала деградации пастбищ по проективному покрытию [26]
Table 3. Pastureland degradation scale by plant cover [26]

| Уровень деградации Degradation level | Ранг деградации Degradation rank | Балл Mark | Проективное покрытие, % Plant cover, % |
|---|---|--------------|---|
| Норма Normal | деградация отсутствует / no degradation | 0 | >70 |
| | очень слабый / very slight | 1 | 46–70 |
| | слабый / slight | 2 | 35–45 |
| Риск Risk | слабоумеренный / slightly moderate | 3 | 32–34 |
| | среднеумеренный / moderate | 4 | 29–31 |
| | выше среднего / above average | 5 | 25–28 |
| Кризис Crysis | менее сильный / mild | 6 | 22–24 |
| | сильный / strong | 7 | 18–21 |
| | очень сильный / severe | 8 | 15–18 |
| Бедствие Disaster | слабо бедственный / critical damage | 9 | 5–14 |
| | бедственный / disastrous | 10 | 0–4 |
| | катастрофический / catastrophic | 11 | 0 |

ково-полынного фитоценозов, которыми представлены исследуемые в данной работе пастбищные участки, выглядят следующим образом:

1) ковыльный тип фитоценоза:

$$П = \frac{0,429}{1 + e^{(7,01 - 0,243Sn)}}$$

2) солончаково-полынный тип фитоценоза:

$$П = \frac{0,651}{1 + e^{(4,34 - 0,0873Sn)}}$$

где П – продуктивность, т/га; Sn – проективное покрытие, %.

Построение карт состояния пастбищных участков. Карты проективного покрытия пастбищных участков на основе данных о взаимосвязи значений индекса SAVI и проективного покрытия построены в программном обеспечении ArcGIS 10.8. Оцифровка данных произведена частично вручную, частично с применением метода контролируемой автоматической классификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологическое описание почв. В ходе морфологического описания почв на пробных участках (табл. 4) установлено, что в Дубовском и Зимовниковском районах доминирующими являются темно-каштановые почвы, что соответствует почвенным картам [27]. На пробном участке P3 в Заве-

тинском районе основной тип почв – каштановая, о чем свидетельствуют морфологические признаки профиля и сниженное относительно темно-каштановых почв содержание гумуса.

Близ х. Холостонур Дубовского района (участок P7) на затапливаемом паводковыми водами р. Сал озере, которое большую часть года не наполнено водой, обнаружены гидроморфные солончаки, преобладающие на данной территории. По характеру растительности можно определить морфологические особенности почв, обусловленные разной степенью засоления. Разреженная степная растительность при наличии проступающих на поверхности почвы солевых выпотов указывает на повышенное содержание солей. По мере продвижения к зоне паводкового затопления солевые выпоты сменяются солевой коркой, и преобладающей растительностью на данных участках уже являются галофиты (в данном случае солеросы *Salicornia*).

Залежный участок P8 представлен темно-каштановой почвой ненарушенного строения и был использован в наших исследованиях как фоновый.

Почва под лесополосой в х. Ериковском Дубовского района (участок LP1) имеет следы проведения плантажной вспашки, которая применялась в данных районах при высаживании лесных насаждений.

Корректирующие прикопки, сделанные на расстоянии 20 м с двух сторон от каждого разреза,

Таблица 4. Основные данные почвенных разрезов
Table 4. Soil morphology

| Участок Site | Почва Soil | Формула профиля Soil profile | Мощность A + B, см / Solum depth, cm | Карбонаты, см Depth of CaCO ₃ , cm | |
|-----------------|---|---|---|--|---------------------------------------|
| | | | | Вскипание HCl reaction | Белоглазка / Carbonate clusters |
| LP1 | Темно-каштановая плантажированная / Haplic kastanozem after plantation ploughing | O – Ad – A – B ₁ – B ₂ | 84 | 25 | P1 |
| P2 | Каштановая солонцеватая Endosalic kashtanozem sodic | A – AB _{ca} – B _{ca} – BC _{ca} | 86 | 32 | P2 |
| P3 | Темно-каштановая Endosalic kashtanozem | Ad – A – B ₁ – B ₂ | 67 | 15 | P3 |
| P7 | Гидроморфный солончак Haplic solonchak | A – B – C | 13 | 27 | P7 |
| P8 | Темно-каштановая Endosalic kashtanozem | S – A – B – C | 77 | с поверхности from surface | P8 |

Таблица 5. Физико-химические свойства почв пробных площадок, глубина 0–10 см
Table 5. The physical and chemical properties of soil from sampling sites, sampling depth 0–10 cm

| Участок Site | Скопление карбонатов, глубина, см / Carbonate accumulation depth, cm | Физическая глина, % / Clay, % | Содержание гумуса, % / Organic carbon, % | N-NH ₄ | N-NO ₃ | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-----------------|---|-------------------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | | | | |
| ЛР1 | – | 48,29 | 5,50 | 12,19 | 21,9 | 29,1 | 688,3 |
| Р2 | 86 | 39,02 | 3,36 | 7,75 | 2,2 | 29,3 | 764,8 |
| Р3 | 87 | 48,65 | 5,26 | 6,99 | – | 26,6 | 506,7 |
| Р7 | 102 | – | 1,08 | – | – | – | – |

подтверждают, что почвенный покров однороден на выбранных участках.

Лесополосы в Дубовском районе и во всей юго-восточной части Ростовской области высаживались активно с конца 1950-х гг. с применением плантажной вспашки почвенного слоя на глубину до 60 см. В почвенном разрезе на участке ЛР1 видны следы перемешивания слоев, характерных для темно-каштановых почв лесополос. Поверхность почвы полностью скрыта под слоем листового опада и отмерших наземных частей травянистых растений.

Содержание гумуса и основных элементов питания в почвах. Содержание гумуса является определяющим фактором в классификации каштановых почв по подтипам: темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые [28]. В почвах пробных площадок (табл. 5) оно находится в пределах, характерных для генетических типов диагностируемых почв. Так, обследованные площадки представлены темно-каштановыми почвами в Дубовском и Зимовниковском районах, каштановой солонцеватой почвой – в Заветинском, что устанавливается по наличию переуплотненного с характерной призматической структурой горизонта на глубине 40 см.

Повышенные относительно пастбищных участков значения содержания нитратного и аммиачного азота на участке ЛР1 объясняются наличием хорошо сформированной лесной подстилки. Существенно большее количество растительного опада (слой до 2 см) и более эффективное задержание атмосферной влаги создают благоприятную среду для выработки и накопления аммиачного азота в анаэробных условиях и его окисления до нитратов – в аэробных при высыхании. На пастбищных участках Р2 и Р3 содержание нитратного азота критически низкое – 2,2 мг/кг и ниже предела определения соответственно. Столь низкое содержание нитратного азота может быть вызвано рядом факто-

ров: поедание сельскохозяйственными животными растений более 1 раза в год и сниженное формирование опада травянистых растений; попадающий с навозом аммиачный азот поступает в недостаточных количествах и в большей степени улетучивается в условиях низкой влажности. Ввиду разреженности сбитых пастбищ подверженность ветровому и водному переносу поверхностного слоя почвы на них существенно выше, чем на не затронутых деградацией землях. Наиболее вероятны процессы выноса азота из поверхностного слоя почвы с потоками воды в периоды максимального увлажнения и ветровой перенос в засушливые периоды.

Содержание фосфора на исследованных участках существенных различий не имеет. Наибольшее количество калия обнаружено в почве участка Р2.

Гранулометрический состав. Гранулометрический анализ почвенных образцов показал значительные различия между естественно сложными почвами пастбищ и почвой под лесополосой, которая была обработана глубокой вспашкой. Равномерное распределение по всему профилю тяжелосуглинистой мелкопесчано-крупнопылеватой фракции в образце из лесополосы говорит о перемешивании слоев. Структурно ненарушенная темно-каштановая почва в ее естественном сложении (участок Р3) четко диагностируется по строению профиля и свойствам генетических горизонтов, а также по фракционному составу частиц: тяжелосуглинистый мелкопесчано-крупнопылеватый верхний горизонт сменяется легкоглинистыми средне- и крупнопылевыми нижележащими. Процесс осолонцевания, присутствующий в каштановых почвах солонцеватого подтипа, диагностируется наличием плотного солонцевого горизонта на глубине от 20 до 50 см. В ходе этого процесса происходит перенос илстой и коллоидной фракций вниз по профилю, вследствие чего плотный горизонт характеризуется призматической струк-

турой и наличием блестящих темных пленок органоминерального вещества тяжелосуглинистого состава.

Пастбищный участок P2 находится в пределах контура каштановых солонцеватых почв. Вследствие интенсивного выпаса диагностируются признаки сбитости: нарушение строения почвенного профиля в результате уничтожения дернового горизонта. Почвенный профиль представлен на поверхности горизонтом тяжелосуглинистого мелкопесчано-крупнопылеватого состава. Агрегированность поверхностного почвенного материала низкая из-за физического разрушения комковато-зернистой структуры, свойственной почве при таком гранулометрическом составе. Вниз по профилю наблюдается естественное для солонцов и солонцеватых почв распределение илистой фракции с постепенным увеличением ее доли в составе пропорционально увеличению глубины.

Растительный покров. Участок лесополосы ЛР1. Возраст насаждений составляет более 60 лет.

В ходе полевого обследования установлено, что южная часть лесополосы состоит в первом ярусе преимущественно из вяза мелколистного *Ulmus campestris* var. *pumila* высотой до 17 м и робинии лжеакалии *Robinia pseudoacacia* L. высотой до 7 м, срединная часть занята в основном кленом татарским *Acer tataricum* L. высотой до 6 м и вязом низким *Ulmus pumila* L., а северная – робинией лжеакацией до 8 м в высоту.

Кустарниковый ярус представлен скумпией кожевенной *Cotinus coggygria* Scop. и кленом татарским.

В травяном покрове на всех обследованных площадках преобладают овес пустой *Avena fatua* L. и подмаренник цепкий *Galium aparine* L.

Всего определено 28 видов растений (табл. 6). Альфа-разнообразие сообществ защитных лесных насаждений составляет 11 видов на 100 м². Наибольшее число видов представлено на участках с ненарушенной древесной растительностью. Это обусловлено специфическими условиями под кронами деревьев первого и второго ярусов – более эффективным задержанием влаги в поверхностном слое почвы в сравнении со степными фитоценозами [29], выносом карбонатов вниз по профилю, наличием тени. На площадках Л2 и Л3 наблюдается существенное разрежение древостоя и местами полное его отсутствие. В зонах, не занятых древостоем и кустарниками, отмечены типичные

для степных ландшафтов виды, такие как овсяница валлиская *Festuca valesiaca* Gaud., ковыль Лессинга *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr., грыжник седой *Herniaria incana* Lam., молочай острый *Euphorbia esula* L., которые наиболее приспособлены к постоянному воздействию прямых солнечных лучей и к низкой влагообеспеченности.

Наиболее однородной по составу и плотности на всей протяженности обследованного участка лесополосы является северная часть насаждения, состоящая из робинии лжеакалии без кустарникового яруса и с преобладанием пырея ползучего *Elytrigia repens* (L.) Nevski в травостое. Древостой первого яруса площадок Л1 и Л4 разрежен (проективное покрытие до 5 %), ветрозадерживающая функция лесополосы на обширных участках утрачена в силу нарушения ее конструкции. На месте выпавших деревьев активно развивается семенная поросль скумпии кожевенной и клена татарского. Площади, на которых отсутствует древостой, занял травостой из эгилопса цилиндрического *Aegilops cylindrica* Host, овса пустого и пырея ползучего в сочетании с донником белым *Melilotus albus* L. и единично встречающимися катраном татарским *Crambe tataria* Sebeok, шалфеем остепненным *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed. и молочаем степным *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. Отсутствие подроста *Ulmus campestris* var. *pumila* и *Robinia pseudoacacia* на всех точках обследования лесных насаждений свидетельствует об отсутствии условий для их естественного возобновления.

Пастбище на участке P2 расположено в пределах зоны полупустынь на каштановых почвах. В составе сообществ отмечено 11 видов (табл. 7). Состав данного растительного сообщества типичен для солонцеватых почв полупустынной зоны. Основные свойства определенных видов – устойчивость к засушливым условиям и присутствию легкорастворимых солей в почве. В качестве пастбища данный участок используется активно, о чем свидетельствует низкое проективное покрытие для начала июня – не более 60 %. Наблюдается преобладание пырея ползучего наряду с не поедаемой скотом полынью австрийской *Artemisia austriaca* Jacq.

В растительном покрове участка P3 (табл. 7) доминирует овсяница валлиская при значительном количестве солонечника мохнатого *Galatella villosa* (L.) Rchb. f., пырея ползучего и овсяницы овечьей *Festuca ovina* L. Участок активно используется как пастбище, о чем свидетельствует низкое проектив-

Таблица 6. Геоботаническое описание растительности сообществ защитных лесных насаждений на участке ЛР1
Table 6. Plant community content in forest shelterbelt of the observation site ЛР1

| Точка / Observation point | Состояние насаждений Plantation status | Вид Species | Обилие по шкале Друде [9] / Abundance by Oscar Drude's scale [9] |
|---------------------------------|---|--|---|
| Л1 | Сомкнутость крон 80 %, сухие деревья составляют не более 1 % от общего количества деревьев на площадке / Crown cover is 80%. There are 1% of dead trees | <i>Ulmus campestris</i> Linnaeus var. <i>pumila</i> <i>Acer tataricum</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Ulmus pumila</i> L. <i>Melandrium album</i> (Mill.) Garcke <i>Lathyrus tuberosus</i> L. <i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. <i>Glycyrrhiza glabra</i> L. <i>Avena fatua</i> L. <i>Potentilla recta</i> L. <i>Trifolium campestre</i> Schreb. <i>Artemisia absinthium</i> L. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr. <i>Galium aparine</i> L. <i>Lepidium draba</i> L. | Soc Cop3 Cop2 Cop1 Cop1 Cop1 Sol Un Un Soc Sol Sol Sol Sol Sol Soc Cop3 |
| Л2 | Сомкнутость крон менее 20 %. Деревья представлены преимущественно <i>Cotinus coggygria</i> , старых деревьев рода <i>Ulmus</i> нет, вид представлен подростом до 2 м высотой в крайне угнетенном состоянии. У деревьев наблюдается суховершинность и стволовая гниль / Crown cover is 20%. The main species is <i>Cotinus coggygria</i> . On the observation site there are no old <i>Ulmus</i> trees. <i>Ulmus</i> is only in seedling form up to 2 meters. Some trees are fading because of stem rotting and dry top branches | <i>Cotinus coggygria</i> Scop. <i>Ulmus campestris</i> Linnaeus var. <i>pumila</i> <i>Ulmus parvifolia</i> (Jacq.) <i>Festuca valesiaca</i> Gaud. <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr. <i>Herniaria incana</i> Lam. <i>Aegilops cylindrica</i> Host <i>Vicia villosa</i> Roth. <i>Euphorbia esula</i> L. <i>Salvia tesquicola</i> Klokov & Pobed. | Cop3 Cop2 Cop1 Sol Soc Sol Soc Cop1 Sol Sol |
| Л3 | Сомкнутость крон достигает 30 %. Присутствует древостой из деревьев первой величины, сформировано 2 яруса древесной растительности и кустарниковый ярус. Видимых повреждений деревьев не отмечается / Crown cover is up to 30%. There are trees of the first forest floor. There are 3 forest floors. Plant diseases are not detected | <i>Ulmus campestris</i> Linnaeus var. <i>pumila</i> <i>Acer tataricum</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> (L.) <i>Cotinus coggygria</i> Scop. <i>Melilotus albus</i> Medik. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Aegilops cylindrica</i> Host <i>Festuca valesiaca</i> Gaud. <i>Euphorbia esula</i> L. <i>Avena fatua</i> L. | Cop2 Cop3 Cop3 Cop2 Cop1 Soc Soc Cop2 Sol Cop1 |

Окончание табл. 1

| Точка / Observation point | Состояние насаждений Plantation status | Вид Species | Обилие по шкале Друде [9] / Abundance by Oscar Drude's scale [9] |
|---------------------------------|--|--|---|
| Л4 | Сомкнутость крон составляет 80 %, сформировано 2 яруса древесной растительности и кустарниковый ярус. Видимых повреждений деревьев не отмечается / Crown cover is 80%. There are 3 forest floors. Plant diseases are not detected | <i>Ulmus pumila</i> L. <i>Acer tataricum</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Galium aparine</i> L. <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Euphorbia esula</i> L. <i>Lathyrus tuberosus</i> L. <i>Salvia tesquicola</i> Klokov & Pobed. <i>Vicia villosa</i> Roth. <i>Tragopogon dubius</i> Scop. <i>Crambe tataria</i> Sebeok | Cop2 Cop3 Cop3 Soc Cop3 Sol Sol Sol Sol Sol Sol Un |

ное покрытие (30 %) относительно сходных участков в 100–150 м к северу и к востоку (60–70 %). Физических признаков солонцеватости в профиле не обнаружено, следовательно, вытаптывание и выедание трав является основной причиной снижения проективного покрытия в начале июня.

На пастбищных участках выделены комплексы различных растительных сообществ, различающиеся по составу и соотношению видов в зависимости от пастбищной нагрузки на отдельные части участков. Общее проективное покрытие на территории площадок варьирует ввиду неравномерности выпаса скота и распределения влаги в почвах. Растительные сообщества участков P2 и P3 представлены разнотравно-типчачково-полынными и злаково-полынными степями соответственно. На участке P3 дерновинные злаки ковыль Лессинга, овсяница овечья и овсяница валлиская не образуют дерновый слой на поверхности почвы, а представляют собой отдельно стоящие дернины даже при численном превосходстве над остальными видами.

На территории пересыхающего озера близ х. Холостонур (участок P7) зарегистрировано 3 основных вида: овсяница овечья, полынь австрийская и солерос европейский *Salicornia europaeae* L. Преобладающие виды относятся к ксерофитам, что соотносится с климатическими и почвенными условиями участка. Растительность солончакового участка P7, который, по данным кадастрового учета, частично входит в пастбищные территории

и используется местными жителями для выпаса скота, представлена редкими отдельно стоящими группами дерновинных злаков и полыни, площадь покрытия которыми тем выше, чем дальше от озера. Около локальных выходов воды на поверхность встречается осока узколистная *Carex stenophylla* Wahlenb., которую поедают животные, уходящие вглубь территории озера в поисках пищи.

Растительность маленького участка P8, расположенного на неудобье и не подвергающегося систематическому использованию в сельском хозяйстве, по видовому составу наиболее отвечает классическому сухостепному сообществу разнотравно-типчачково-ковыльной степи: преобладание дерновинных злаков родов *Stipa*, *Koeleria*, *Festuca* и т.п. в сочетании со скудным разнотравьем, представленным тремя видами – полынью австрийской *Artemisia austriaca*, солонечником мохнатым *Galatella villosa*, льном австрийским *Linum austriacum* L., при этом индикаторное доминирование полыни не отмечено.

Деградированность пастбищных участков P2 и P3 проявляется в доминировании дигрессивно-активных видов (*Artemisia austriaca*, *Elytrigia repens*) за счет вытеснения дерновинных злаков. Кроме этого, на угнетенность растительного покрова указывают значения общего проективного покрытия, превышающие 60 % исключительно при близком расположении открытых источников воды и/или при удаленности от мест содержания животных.

Таблица 7. Описание растительных сообществ на пастбищных участках**Table 7.** Plant communities' content of pastureland observed sites

| Участок Site | Вид Species | Обилие по шкале Друде / Abundance by Oscar Drude's scale [9] |
|--|--|--|
| P2 | <i>Galatella villosa</i> (L.) Rchb. f. | Cop1 |
| | <i>Phlomis pungens</i> Willd. | Sp |
| | <i>Eryngium campestre</i> L. | Sp |
| | <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski | Cop3 |
| | <i>Festuca valesiaca</i> Gaud. | Cop2 |
| | <i>Thymus marschallianus</i> Willd. | Un |
| | <i>Bromus squarrosus</i> L. | Cop1 |
| | <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr. | Cop1 |
| | <i>Hordeum murinum</i> L. | Sp |
| | <i>Tanacetum vulgare</i> L. | Sp |
| <i>Artemisia austriaca</i> Jacq. | Cop3 | |
| P3 | <i>Galatella villosa</i> (L.) Rchb. f. | Cop1 |
| | <i>Artemisia austriaca</i> Jacq. | Soc |
| | <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr. | Sp |
| | <i>Eryngium campestre</i> L. | Sp |
| | <i>Festuca ovina</i> L. | Cop3 |
| | <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski | Cop3 |
| | <i>Festuca valesiaca</i> Gaud. | Cop3 |
| | <i>Onopordum acanthium</i> L. | Sp |
| <i>Tanacetum vulgare</i> L. | Sp | |
| <i>Gonolimon tataricum</i> (L.) Boiss. | Cop1 | |
| P7 | <i>Salicornia europaeae</i> L. | Soc |
| | <i>Festuca ovina</i> L. | Cop3 |
| | <i>Carex stenophylla</i> Wahlenb. | Cop1 |
| | <i>Artemisia austriaca</i> Jacq. | Cop2 |
| P8 | <i>Stipa lessingiana</i> Trin. & Rupr. | Soc |
| | <i>Festuca ovina</i> L. | Soc |
| | <i>Artemisia austriaca</i> Jacq. | Sp |
| | <i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers. | Cop2 |
| | <i>Linum austriacum</i> L. | Cop1 |
| | <i>Galatella villosa</i> (L.) Rchb. f. | Cop3 |
| <i>Festuca valesiaca</i> Gaudin. | Cop3 | |

Неравномерная нагрузка на пастбищные угодья вызывает дисбаланс в растительных сообществах и ландшафте в целом, локально снижая поток транспирационного переноса влаги, что в перспективе влечет поднятие грунтовых вод и перенос засоленных водных растворов вверх по почвенному профилю [30]. Признаков искусственного посева трав не наблюдается ввиду отсутствия характерных свидетельств обработки почвы тяжелой техникой:

нарушенности структуры поверхностного горизонта, наличия подпахотного горизонта, следов прохода техники. Низкая встречаемость или полное отсутствие хорошо поедаемых трав родов *Festuca*, *Koeleria*, *Bromus*, *Hordeum* на пастбищных участках свидетельствует о дигрессии.

Флористический состав фонового участка P8 обеднен (3 вида на 100 м²), однако отличается преобладанием растений родов *Stipa*, *Koeleria*, *Festuca* при единичной встречаемости *Artemisia austriaca*, тогда как на участках P2 и P3 данный вид является одним из доминирующих. Наименьшее обилие видов (2 вида на 100 м²) зарегистрировано на солончаковом участке P7. На участках P2 и P3 обилие видов максимально среди обследованных (5 и 4 вида на 100 м² соответственно). Низкое обилие видов характерно для сухих степей, в особенности для пастбищных земель. Замещение естественных сухостепных доминантов *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv., *Stipa lessingiana*, *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Festuca ovina* дигрессионно-активными видами (*Artemisia austriaca*, *Elytrigia repens*) позволяет диагностировать угнетение дерновинных злаков при выпасе [31].

Расчет корреляции между значением SAVI и проективным покрытием. В ходе применения метода оценки отражательной способности поверхностей пастбищ был проведен анализ индекса SAVI, наиболее приемлемый для использования на участках с заведомо разреженным растительным покровом [21]. Для оценки проективного покрытия участков, на которых не проводилось полевое обследование, было решено применить значение индекса SAVI. Для этого по пробным площадкам, на которых измерено проективное покрытие, было рассчитано значение индекса и проведен корреляционный анализ для установления математических связей между данными параметрами (рис. 2).

Коэффициент корреляции, равный 0,819 при выборке из 76 площадок, показывает сильную связь между величиной SAVI и проективным покрытием. Формула линейной зависимости отражена на рисунке 2. По рассчитанной формуле было вычислено значение проективного покрытия для пастбищных участков и построены карты проективного покрытия (рис. 3). На изображениях представлена цветовая шкала, в которой каждому цвету соответствует диапазон значений проективного покрытия. На участки со значениями менее 25 % приходятся не почвенные объекты, например дороги и облака (рис. 3a).

По методике, предложенной А.С. Рулевым с соавторами [26], был проведен расчет продуктивности пастбищ на основании проективного покрытия с помощью регрессионного метода. Значения продуктивности пастбищ представлены в таблице 8. Наибольшая разница между максимальной и минимальной продуктивностью отмечена на типчакково-ковыльном пастбище участка Р3 и на солончаковом участке Р7. В случае участка Р3, расположенного в Зимовниковском районе, минимальные значения проективного покрытия приходятся на площадки с максимальной пастбищной сбитостью, а максимальные характерны для околородных площадок. Засоленный участок Р7 заведомо малопродуктивен, а наименьшие значения продуктивности приурочены к ареалам солончаков. Степень деградации пастбищ, согласно предложенной В.Г. Юфревым (цит. по [26]) шкале (табл. 3), для участка Р2 колеблется от нормы без проявления деградации (0 баллов), характерной для зон локального накопления влаги из-за особенностей микрорельефа и

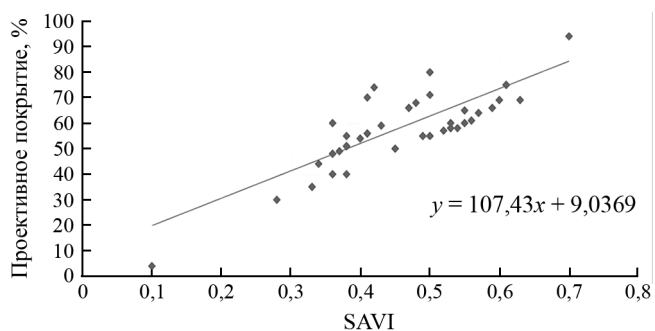


Рис. 2. Результат корреляционного анализа зависимостей значений SAVI и проективного покрытия.

Fig. 2. Correlation analysis of SAVI and plant cover results.

зон, удаленных от мест содержания животных, до среднеумеренного риска деградации (4 балла) на интенсивно используемых территориях. Для растительного покрова участка Р3 характерна наименьшая степень деградации, которая колеблется от 0 до 2 баллов, что соответствует нормальному уровню. Наименее благополучное состояние диагностировано на участке Р7, растительный покров которо-

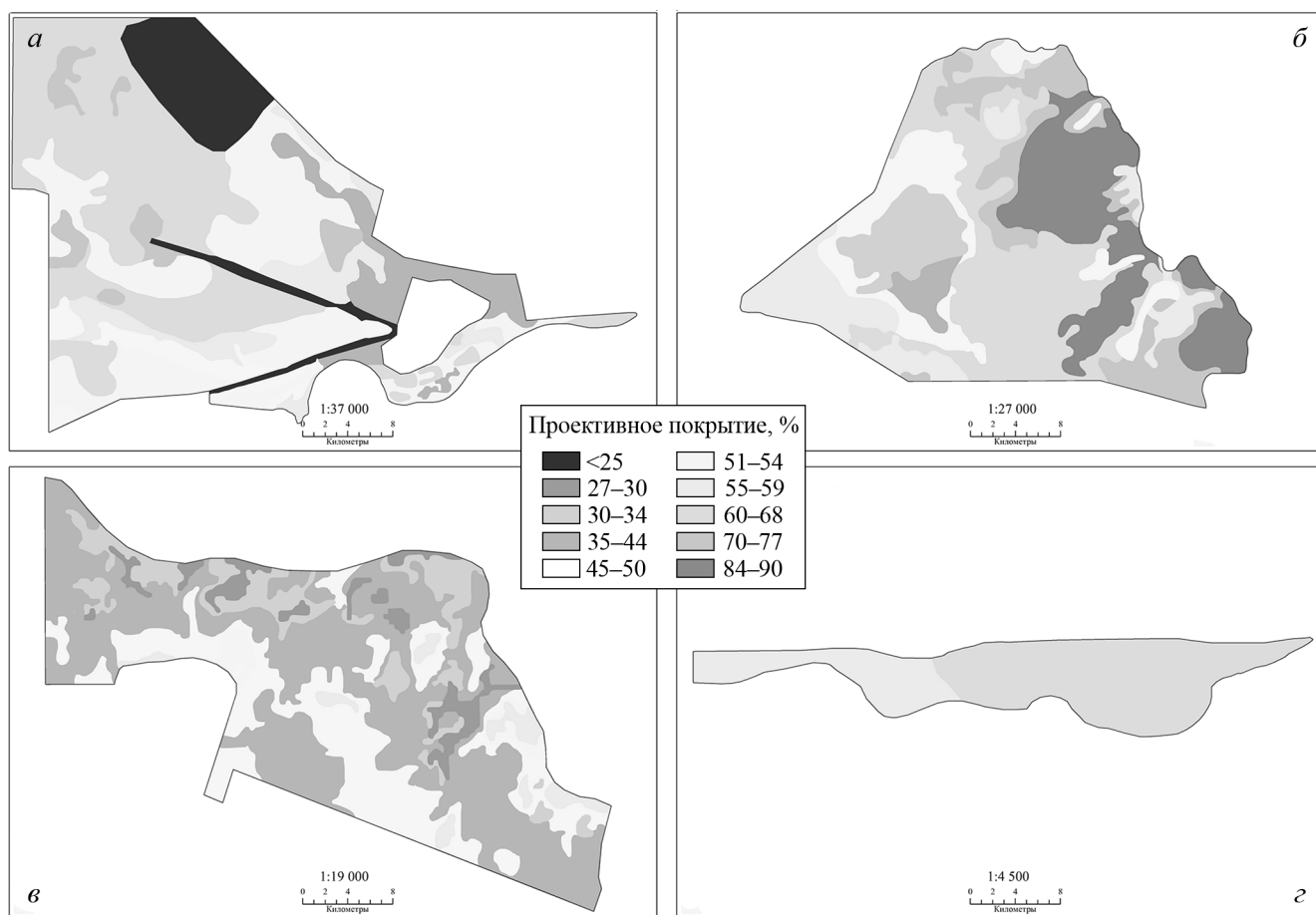


Рис. 3. Карты проективного покрытия обследованных участков, июнь 2021: а – Р3; б – Р2; в – Р7; з – Р8.

Таблица 8. Продуктивность пастбищных участков и их оценка [26]
Table 8. Productivity of pasturelands [26]

| Участок Site | Средняя продуктивность, т/га / Average productivity, tons per hectare | Максимальное значение, т/га / Maximum, tons per hectare | Минимальное значение, т/га / Minimum, tons per hectare | Минимальный балл / Minimum rate | Максимальный балл / Maximum rate |
|-----------------|--|--|---|---------------------------------------|--|
| P2 | 0,423 | 0,429 | 0,35 | 0 | 4 |
| P3 | 0,421 | 0,429 | 0,244 | 0 | 2 |
| P7 | 0,28 | 0,418 | 0,139 | 2 | 5 |
| P8 | 0,429 | 0,4289 | 0,4286 | 0 | 1 |

го угнетен ввиду процесса гидроморфного засоления. Данному участку присвоен наибольший балл деградации (5), что соответствует уровню риска выше среднего – большая часть территории занята растительностью со слабоумеренным и слабым риском деградации, однако в местах образования соляных корок пригодной для корма растительности практически нет, и эти зоны имеют предкризисное состояние.

ВЫВОДЫ

Растительный покров участков лесополосы в центральной части Дубовского района неоднороден в силу сухостепных условий, для которых характерны засушливые периоды по 3–5 лет, недостаточное увлажнение в течение 4–5 месяцев во второй половине года, малоснежные зимы. Естественного возобновления деревьев первого яруса не происходит, для второго яруса характерно спорадическое семенное возобновление, которого недостаточно для полноценного поддержания ветро- и снегозадержания. Кустарниковый ярус активно самовоспроизводится. Срок жизни лесных насаждений снижен, устойчивость растений ослаблена, ввиду чего деревья первого яруса отсутствуют на протяжении 2 км обследованной лесной полосы. Восстановление лесозащитных функций в таких условиях может быть исключительно искусственным.

Пастбищные участки на каштановых (Заветинский район) и темно-каштановых почвах (Дубовский и Зимовниковский районы) представлены типчаково-полынными степными фитоценозами. Расчетная продуктивность пастбищ участков P2 и P3, равная 0,423 и 0,421 т/га соответственно, близка к продуктивности фонового участка P8 (0,429 т/га), однако занятие доминирующего положения *Artemisia austriaca* сигнализирует о сбитости пастбищ, проявляющейся в смещении соотношения видов в растительном сообществе в сторону

преобладания дигрессивно-активных. Пригодность данных пастбищ для выпаса существенно снижена. Проектное покрытие варьирует от 30 до 90 %, возрастая по мере удаления от мест содержания животных.

Солончаковый участок P7 на востоке Дубовского района, в пойме р. Сал, малопродуктивен, преобладающие виды растительности малопоедаемы. Ввиду низкого проективного покрытия в диапазоне 27–50 % верхний слой почвы может быть подвержен физическому разрушению копытами мелкого рогатого скота при постоянном выпасе. Процесс засоления на данном участке является основной причиной малой продуктивности (0,28 т/га). Нерегулярные паводки способствуют переносу солей в горизонтальной плоскости, а высокий уровень минерализованных грунтовых вод оказывает лимитирующее влияние на растительные сообщества. При дальнейшем использовании этого участка в качестве пастбища высока вероятность развития ветровой эрозии.

Пастбищные участки P2 и P3 подвержены локальной дигрессии в непосредственной близости от мест содержания животных и от населенных пунктов. Для обследованных участков характерно замещение естественных доминантов непоедаемыми травами, при котором расчетная продуктивность отличается от таковой на фоновом участке P8 в пределах 0,001 т/га. Чтобы не допустить достижения порога, при котором естественное возобновление травостоя пастбищ станет невозможным, следует организовывать выпас с равномерным распределением нагрузки на угодья, а также проводить мероприятия по искусственному посеву пастбищных трав родов *Bromus*, *Koeleria*, *Festuca*, *Medicago* [32; 33].

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет-2030»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щерба Т.Э., Гасанов А.С. 2015. Понятие «опустынивание почв» и некоторые подходы к его трактовке. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 224(4): 274–279.
2. Закруткин В.Е., Рышков М.М., Цвылев Е.М., Шишкина Д.Ю. 2002. *Агрэкосистемы в экстремальных природных условиях*. Ростов н/Д, изд-во СКНЦ ВШ: 152 с.
3. Безуглова О.С., Ильинская И.Н., Закруткин В.Е., Назаренко О.Г., Литвинов Ю.А., Гаева Э.А., Меженков А.А., Жумбей А.И. 2022. Динамика деградации земель в Ростовской области. *Известия Российской академии наук. Серия географическая* 86(1): 41–54. doi: 10.31857/S2587556622010034
4. Иванченко А.М., Коновалов А.Н., Бессмертный И.В., Хованский А.Д., Латун В.В., Меринова Ю.Ю. 2019. Природный потенциал ландшафтов Ростовской области. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 4(204): 62–70. doi: 10.23683/0321-3005-2019-4-62-70
5. Парфенова А.В., Дашкевич Л.В. 2021. Аридизация климата Ростовской области. *Экология. Экономика. Информатика. Серия: системный анализ и моделирование экономических и экологических систем*. 1(6): 131–138. doi: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-131-138
6. Кулик К.Н., Петров В.И., Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. 2018. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ». *Аридные экосистемы*. 24(1(74)): 5–12.
7. *Распределение земель Российской Федерации по категориям в разрезе субъектов Российской Федерации*. 2020. URL: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/02-upr/Ф.%202022%20за%202019%20год%20\(по%20субъектам%20РФ\).doc](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/02-upr/Ф.%202022%20за%202019%20год%20(по%20субъектам%20РФ).doc)
8. *Федеральная служба государственной статистики*. URL: https://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst60 (дата обращения: 30.03.2022).
9. Ильина Л.П., Сушко К.С. 2019. Современные проблемы деградации сухостепных почв долины Маньч. *Биосфера*. 11(3): 120–127. doi: 10.24855/biosfera.v11i3.508
10. Публичная кадастровая карта. *Росреестр*. URL: <https://pkk.rosreestr.ru/#/search/47.27085061854162,43.4287162630337/15/@1b4ulz5vht> (дата обращения: 17.03.2022).
11. Почвенная карта России. *Информационная система Почвенно-географическая база данных России*. URL: <https://soil-db.ru/map?lat=46.6768&lng=44.1129> (дата обращения: 30.03.2022).
12. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. *Интернет и Право*. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71989/> (дата обращения: 30.08.2022).
13. Розанов Б.Г. 1983. *Морфология почв*. М., изд-во МГУ: 320 с.
14. Качинский Н.А. 1958. *Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения*. М., изд-во АН СССР: 191 с.
15. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. *Кодекс*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496> (дата обращения: 04.08.2022).
16. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. *Кодекс*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023499> (дата обращения: 04.08.2022).
17. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. *Кодекс*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023449> (дата обращения: 04.08.2022).
18. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. *Кодекс*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180714> (дата обращения: 04.08.2022).
19. Сорокина Г.А., Пахарькова Н.В., Шашкова Т.Л., Субботин М.А. 2012. *Учебная полевая практика по геоботанике*. Красноярск, Сибирский федеральный университет: 30 с.
20. *Флора Нижнего Дона (определятель). Часть 1*. 1984. Ростов н/Д, изд-во Ростовского университета: 280 с.
21. Mäder P., Boho D., Rzanny M., Seeland M., Wittich H.Ch., Deggelmann A., Wäldchen J. 2021. The Flora Incognita app – Interactive plant species identification. *Methods in Ecology and Evolution*. 12(7): 1335–1342. doi: 10.1111/2041-210X.13611
22. *Лесная энциклопедия. Том 2*. 1986. М., Советская энциклопедия: 631 с.
23. Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. 2020. *Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения*. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет: 191 с.
24. Landsat 8. *USGS science for a changing world*. URL: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> (дата обращения: 18.07.2022).
25. Huete A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 25(3): 295–309. doi: 10.1016/0034-4257(88)90106-X
26. Рулев А.С., Юферев В.Г., Юферев М.В. 2011. Картографо-аэрокосмический мониторинг аридных агроландшафтов. *Вестник Института комплексных исследований аридных территорий*. 1(22): 57–63.
27. *Атлас Ростовской области*. 1973. М., Главное управление геодезии и картографии: 32 с.
28. Богатырев Л.Г., Васильевская В.Д., Владыченский А.С., Гришина Л.А., Евдокимова Т.И., Зборищук Ю.Н., Иванов В.В., Розанов Б.Г., Самойлова Е.М. 1988. *Почвоведение. Часть 2. Типы почв, их география и использование*. М., Высшая школа: 368 с.
29. Эйтинген Г.Р. 1949. *Лесоводство*. М., Государственное издательство сельскохозяйственной литературы: 368 с.
30. Щерба Т.Э., Куст Г.С., Смагин А.В., Андреева О.В., Славко В.Д. 2016. Диагностика опустынивания с использованием основной гидрофизической характеристики почв. *Аридные экосистемы*. 22(4(69)): 30–42.
31. Данжалова Е.В., Бажа С.Н., Ариунболд Э. 2011. Структура растительных сообществ сухих степей Центральной Монголии и их реакция на условия увлажнения. *Аридные экосистемы*. 17(3(48)): 83–90.
32. Гребенников В.Г., Шпилов И.А., Хонина О.В., Турун И.П. 2017. Эффективные приемы продления продуктивного долголетия сенокосов и пастбищ при организации кормовой базы для овцеводства. *Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства*. 1(10): 61–67.
33. Докина Н.Н., Мордвинцев М.П. 2020. Основные технологические приемы создания и восстановления кормовых

угодий на низкопродуктивных пахотных землях засушливой и сухой степи Южного Урала. *Животноводство и кормопроизводство*. 103(3): 215–228. doi: 10.33284/2658-3135-103-3-215

REFERENCES

- Shcherba T.E., Gasanov A.S. 2015. [Definition of “the soil desertification» and some approaches for it interpretation]. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*. 224(4): 274–279. (In Russian).
- Zakrutkin V.E., Ryshkov M.M., Tsvylev E.M., Shishkina D.Yu. 2002. *Agroekosistemy v ekstremal'nykh prirodnykh usloviyakh*. [Agroecosystems in extreme natural conditions]. Rostov-on-Don, North Caucasus Scientific Center of Higher Education: 152 p. (In Russian).
- Bezuglova O.S., Piyinskaya I.N., Zakrutkin V.E., Nazarenko O.G., Litvinov Yu.A., Gayevaya E.A., Mezhenkov A.A., Zhumbey A.I. 2022. [Dynamics of land degradation in Rostov Oblast]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 86(1): 41–54. (In Russian). doi: 10.31857/S2587556622010034
- Ivanchenko A.M., Konovalov A.N., Bessmertnyi I.V., Khovanskii A.D., Latun V.V., Merinova Yu.Yu. 2019. [The landscapes natural potential of the Rostov Region]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki*. 4(204): 62–70. (In Russian). doi: 10.23683/0321-3005-2019-4-62-70
- Parfenova A.V., Dashkevich L.V. 2021. [Aridization of the climate of the Rostov Region]. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem*. 1(6): 131–138. (In Russian). doi: 10.23885/2500-395X-2021-1-6-131-138
- Kulik K.N., Petrov V.I., Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. 2018. On the 30th anniversary of the “General plan to combat desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures”. *Arid Ecosystems*. 8(1): 1–6. doi:10.1134/S2079096118010067
- Raspredelenie zemel' Rossiyskoy Federatsii po kategoriyam v razreze sub'ektov Rossiyskoy Federatsii. [Distribution of lands of the Russian Federation by categories in the context of the constituent entities of the Russian Federation]. 2020. Available at: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/02-upr/Ф.%2022%20за%202019%20год%20\(по%20субъектам%20РФ\).doc](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/02-upr/Ф.%2022%20за%202019%20год%20(по%20субъектам%20РФ).doc). (In Russian).
- Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Available at: https://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst60 (accessed 30 March 2022). (In Russian).
- Ilyina L.P., Sushko K.S. 2019. [Current problems of dry-steppe soil degradation in Manych Valley]. *Biosfera*. 11(3): 120–127. (In Russian). doi: 10.24855/biosfera.v11i3.508
- [Public cadastral map]. *Rosreestr*. Available at: <https://pkk.rosreestr.ru/#/search/47.27085061854162,43.4287162630337/15/@1b4ulz5vht> (accessed 17 March 2022). (In Russian).
- [Soil map of Russia]. *Informatsionnaya sistema Pochvenno-geograficheskaya baza dannykh Rossii*. Available at: <https://soil-db.ru/map?lat=46.6768&lng=44.1129> (accessed 17 March 2022). (In Russian).
- [State standard R 58595-2019. Soils. Sample selection]. *Internet i Pravo*. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71989/> (accessed 30 August 2022). (In Russian).
- Rozaov B.G. 1983. *Morfologiya pochv*. [Soil morphology]. Moscow, Moscow State University: 320 p. (In Russian).
- Kachinskiy N.A. 1958. *Mekhanicheskiy i mikroagregatnyy sostav pochvy, metody ego izucheniya*. [Mechanical and microaggregate composition of the soil, methods of its study]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR: 191 p. (In Russian).
- [State standard 26489-85. Soils. Determination of exchangeable ammonium by CINA method]. *Kodeks*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200023496> (accessed 4 August 2022).
- [State standard 26951-86. Soils. Determination of nitrates by ionometric method]. *Kodeks*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200023499> (accessed 4 August 2022).
- [State standard 26205-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Machigin method modified by CINA]. *Kodeks*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200023449> (accessed 4 August 2022).
- [State standard 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter]. *Kodeks*. Available at: <https://rosteststandart.ru/gost/241295.html> (accessed 4 August 2022).
- Sorokina G.A., Pahar'kova N.V., Shashkova T.L., Subbotin M.A. 2012. *Uchebnaya polevaya praktika po geobotanike*. [Educational field practice in geobotany]. Krasnoyarsk, Siberian Federal University: 30 p. (In Russian).
- Flora Nizhnego Dona (opredelitel'). Chast' I*. [Flora of the Lower Don (key). Part 1]. Rostov-on-Don, Rostov University: 280 p. (In Russian).
- Mäder P., Boho D., Rzanny M., Seeland M., Wittich H.Ch., Deggelmann A., Wäldchen J. 2021. The Flora Incognita app – Interactive plant species identification. *Methods in Ecology and Evolution*. 12(7): 1335–1342. doi: 10.1111/2041-210X.13611
- Lesnaya entsiklopediya. Tom 2*. [Forest encyclopedia. Vol. 2]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya: 631 p. (In Russian).
- Shikhov A.N., Gerasimov A.P., Ponomarchuk A.I., Perminova E.S. 2020. *Tematicheskoe deshifirovanie i interpretatsiya kosmicheskikh snimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya*. [Thematic interpretation and interpretation of space images of medium and high spatial resolution]. Perm, Perm State National Research University: 191 p. (In Russian).
- Landsat 8. *USGS science for a changing world*. Available at: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8> (accessed 18 July 2022).
- Huete A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*. 25(3): 295–309. doi: 10.1016/0034-4257(88)90106-X
- Rulev A.S., Yuferev V.G., Yuferev M.V. 2011. [The mapping-aerospace monitoring of the arid agrolandscapes]. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy*. 1(22): 57–63. (In Russian).
- Atlas Rostovskoy oblasti*. [Atlas of the Rostov Region]. 1973. Moscow, Main Directorate of Geodesy and Cartography: 32 p. (In Russian).
- Bogatyrev L.G., Vasil'evskaya V.D., Vladychenskiy A.S., Grishina L.A., Evdokimova T.I., Zborishchuk Yu.N.,

- Ivanov V.V., Rozanov B.G., Samoylova E.M. 1988. *Pochvovedenie. Chast' 2. Tipy pochv, ikh geografiya i ispol'zovanie*. [Soil science. Part 2. Soil types, their geography and use]. Moscow, Vysshaya shkola: 368 p. (In Russian).
29. Eytingen G.R. 1949. *Lesovodstvo*. [Forestry]. Moscow, State Publishing House of Agricultural Literature: 368 p. (In Russian).
30. Shcherba T.E., Kust G.S., Smagin A.V., Andreeva O.V., Slavko V.D. 2016. Diagnostics of desertification with the use of water retention curve of soils. *Arid Ecosystems*. 6(4): 249–259. doi: 10.1134/S2079096116040090
31. Danzhalova E.V., Bazha S.N., Ariunbold E. 2011. The structure of plant communities in the dry steppes of Central Mongolia and their response to irrigation. *Arid Ecosystems*. 1(3): 171–176. doi: 10.1134/S2079096111030024
32. Grebennikov V.G., Shipilov I.A., Khonina O.V., Turun I.P. 2017. [Effective methods for extending the productive longevity of hayfields and pastures in the organizing of the feed base for sheep breeding]. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva*. 1(10): 61–67. (In Russian).
33. Dokina N.N., Mordvintsev M.P. 2020. [Basic technological methods of creation and restoration of forage lands on low-yield arables of arid and dry southern Ural steppe]. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 103(3): 215–228. (In Russian).

Поступила 21.07.2022