

4.1.6. – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

УДК 631

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

## Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга понижений мезорельефа в зоне опустыненных степей

Иван Александрович Болгов✉, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru, аспирант, ORCID: 0009-0003-3174-6382

Асель Нурлановна Берденгалиева, м.н.с., ORCID: 0000-0002-5252-7133

«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, пр. Университетский, 97, г. Волгоград, Россия

**Аннотация.** В засушливых условиях юга Европейской части России, расположенной в зонах сухой степи и полупустыни, в последние десятилетия наблюдается тенденция сокращения пахотных земель и использования их в качестве пастбищ. Интенсификация отгонно-пастбищного животноводства приводит к чрезмерным нагрузкам на природные сообщества, деградации растительного покрова и опустыниванию. Для предотвращения негативного воздействия на ландшафты эффективным может оказаться создание лесных насаждений. В зонах сухих степей и полупустынь лесомелиоративные мероприятия целесообразно проводить на участках понижения рельефа, которые характеризуются лучшими почвенными и гидрологическими характеристиками и благоприятны для роста деревьев. Цель работы – выявление участков на территории исследования, наиболее подходящий для проведения лесомелиорации. В качестве объекта исследования был выбран наиболее репрезентативный участок – территория Александрово-Гайского района Саратовской области. Определение лесопригодных участков производилось методом картографирования отрицательных форм рельефа (понижений, заполняемых в весенний период водой) на основе космических снимков спутников Sentinel-2 и Landsat-5,7,8 и расчета индекса MNDWI. В полупустынной зоне понижения мезорельефа классифицируются на крупные (лиманы), средние (падины) и микрорельефы (например, западины). Также использовались метеоданные системы АИСОРИ для выявления характеристик, влияющих на гидрологический режим понижений, и данные официальной статистики. Были картографированы 7,1 тыс. га пахотных земель и 254,6 тыс. га необрабатываемых полей, которые используются преимущественно как пастбища. Проведена оценка лесопригодных участков, площадь которых составляет 18,8 тыс. га. В результате анализа полученных данных о площадях заливания и метеоданных установлено, что гидрологические условия понижений рельефа зависят от поверхностного стока талых вод, глубины промерзания почвы в зимний период и мощности снежного покрова. Рост среднегодовой температуры воздуха на территории исследования ведет к уменьшению наполняемости водой понижений, что необходимо учитывать при лесомелиорации.

**Ключевые слова:** агроландшафты, деградация земель, опустынивание, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование, понижения мезорельефа.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».

**Цитирование.** Болгов И.А., Берденгалиева А.Н. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга понижений мезорельефа в зоне опустыненных степей // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 31-39. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Поступила в редакцию: 16.01.2024

Принята к печати: 11.03.2024

**Введение.** Климатические и социально-экономические изменения в России в период 1990-2000-х гг. привели к тому, что значительные площади земель, которые ранее использовались в земледелии, оказались заброшенными [4; 7]. Достаточно велика доля неиспользуемой пашни, которая находится на юге страны, где достаточно неблагоприятные для выращивания сельскохозяйственных культур почвенно-климатические условия. Фактически такие земли в настоящее время либо исполь-

зуются в качестве пастбищ, либо полностью заброшены, что ведет к интенсификации ландшафтных пожаров [12]. Чрезмерные пастбищные нагрузки в засушливых и полузасушливых условиях приводят к деградации растительного и почвенного покрова вплоть до их опустынивания и полной утраты продуктивного слоя [9; 11; 21], поэтому требуется проведение фитомелиоративных, в том числе лесомелиоративных мероприятий для повышения устойчивости подобных ландшафтов [1; 3; 22].

В зоне опустыненных степей и северных пустынь Волго-Уральского междуречья довольно сложные лесорастительные условия, что обуславливается недостатком атмосферного увлажнения, высокими температурами и значительной степенью засоления почв [6; 10]. Тем не менее возможно создание лесных насаждений в понижениях рельефа в зоне опустыненных степей (полупустынь), которые находятся в лучших условиях увлажнения из-за перераспределения атмосферных осадков, характеризуются лугово-каштановыми почвами, в то время как зональными являются каштановые, светло-каштановые, солонцы и их комплексы [14]. Подобные понижения рельефа достаточно широко распространены в Волгоградском и Саратовском Заволжье, согласно лесомелиоративной классификации они относятся к лесомелиоративному типу «в», т.к. имеют дополнительный источник увлажнения из-за перераспределения атмосферных осадков. Такие неглубокие понижения рельефа округлой или неправильной формы, представляющие собой мелководные озера, заполняемые водой весной, пересыхающие летом и превращающиеся в низинные болота или луга, называются лиманами [15; 16]. Прекращение выращивания сельскохозяйственных культур, угроза опустынивания пастбищ и наличие участков с удовлетворительными лесорастительными условиями позволяют создавать куртинные насаждения [3]. По этим причинам становится актуальной необходимость определения местоположения понижений рельефа и их площади.

Новизна исследования заключается в проведении мониторинга изменения площадей водного зеркала и определении пространственного положения отрицательных форм мезорельефа средствами геоинформационных технологий и дистанционных методов на территории исследования.

Целью исследования являлось определение наиболее лесопригодных участков на юго-востоке Саратовской области методами дистанционного зондирования Земли.

**Материалы и методы.** В качестве территории исследования для апробации подходов к картографированию понижений рельефа в зоне опустыненных степей выбран Александрово-Гайский район Саратовской области, который расположен на ее юго-востоке у границы с Казахстаном. В районном центре находится одноименная метеостанция Александров Гай (34391). По территории района протекают 2 реки: в центральной части района – Большой Узень, и на юго-западе района – Малый Узень. Наблюдается большое количество искусственных каналов для орошения, также здесь расположена Малоузенская система лиманного орошения [15].

Картографирование понижений рельефа достаточно затруднено из-за их относительно небольшого размера, что предъявляет требования к пространственному разрешению спутниковых данных. Наличие в открытом доступе данных ди-

станционного зондирования высокого пространственного разрешения спутников миссий Landsat и Sentinel-2 дает возможность их выделить [19].

В Волгоградском Заволжье выполнялись подобные работы с использованием вегетационного индекса NDVI [8]: в лучших условиях увлажнения в понижениях рельефа растительный покров отличается от окружающего ровного пространства, в том числе и сезонной динамикой вегетационного индекса [13], поэтому данный подход может быть оправдан. Тем не менее степная растительность обладает достаточно большой межгодовой и сезонной изменчивостью, из-за чего использование вегетационных индексов, чувствительных к растительной фитомассе, не всегда может подходить для данных целей. Поэтому наиболее увлажненные участки, которые зачастую заливаются тальми водами, могут быть выделены на основе индексов, предназначенных для определения водоемов и переувлажненных участков, например, NDWI, MNDWI и др.

Для определения границ водных объектов рекомендуются индексы NDWI и MNDWI [5; 18]. Но NDWI имеет больше ошибок в случае с переувлажненной почвой [17], что может наблюдаться на свежевспаханных полях в весенний период, по этой причине в данном исследовании применялся индекс MNDWI.

Индекс MNDWI определяется по формуле [23]:

$$MNDWI = (GREEN - SWIR) / (GREEN + SWIR),$$

где: GREEN – зелёный канал,

SWIR – коротковолновый инфракрасный канал (длина волны 2,2 мкм).

Для расчетов значений указанных индексов использовался сервис Vega – Science [9; 20], который предоставляет доступ к спутниковым данным второго уровня обработки с коррекцией атмосферных искажений и радиометрической калибровкой, а также рассчитанных на их основе вегетационных индексов. При картографировании водной поверхности использованы данные с космических аппаратов Sentinel-2, Landsat-5, 7, 8. После выгрузки данные были обработаны в программе QGIS, где выделялось водное зеркало на основе эмпирически подобранного порогового значения MNDWI для водных объектов, равное -0,2. Спутниковые данные выбирались на апрель-май, когда обводненность понижений рельефа была максимальной (табл. 1). Контроль точности осуществлялся визуальным сравнением полученной маски водного зеркала со спутниковым изображением. Кроме ежегодных значений площадей водного зеркала (рис. 1) была определена суммарная площадь всех участков, заливаемых водой за период исследований – 1984-2022 гг. Границы используемых и неиспользуемых пахотных земель определялись экспертным дешифрированием по спутниковым данным Landsat за 1984 и 2022 гг. [4].

Метеоданные (месячные суммы осадков, средняя температура, суточные значения температуры почв по глубинам и мощности снежного по-

крова) были загружены из автоматизированной информационной системы обработки режимной информации АИСОРИ (<http://aisori-m.meteo.ru>). За глубину промерзания принималась максимальная

глубина с зафиксированными отрицательными температурами почв. На метеостанции Александров-Гай ведутся наблюдения за температурами почв на глубинах 20, 40, 80, 160, 240 и 320 см.

Таблица 1. Даты использованных спутниковых снимков

Дата снимков	Спутник	Дата снимков	Спутник	Дата снимков	Спутник
12.04.1984	Landsat-5	10.04.2001	Landsat-7	11.04.2016	Landsat-8
18.04.1986	Landsat-5	22.04.2002	Landsat-7	07.04.2017	Landsat-8
04.04.1990	Landsat-5	19.04.2004	Landsat-5	27.04.2018	Sentinel-2
07.04.1991	Landsat-5	03.04.2007	Landsat-5	22.04.2019	Sentinel-2
28.04.1993	Landsat-5	24.04.2009	Landsat-5	11.04.2020	Sentinel-2
24.04.1994	Landsat-5	20.04.2010	Landsat-5	01.04.2021	Sentinel-2
27.04.1995	Landsat-5	23.04.2011	Landsat-5	16.04.2022	Sentinel-2
13.04.1996	Landsat-5	19.04.2013	Landsat-8		
07.04.2000	Landsat-7	02.04.2015	Landsat-8		

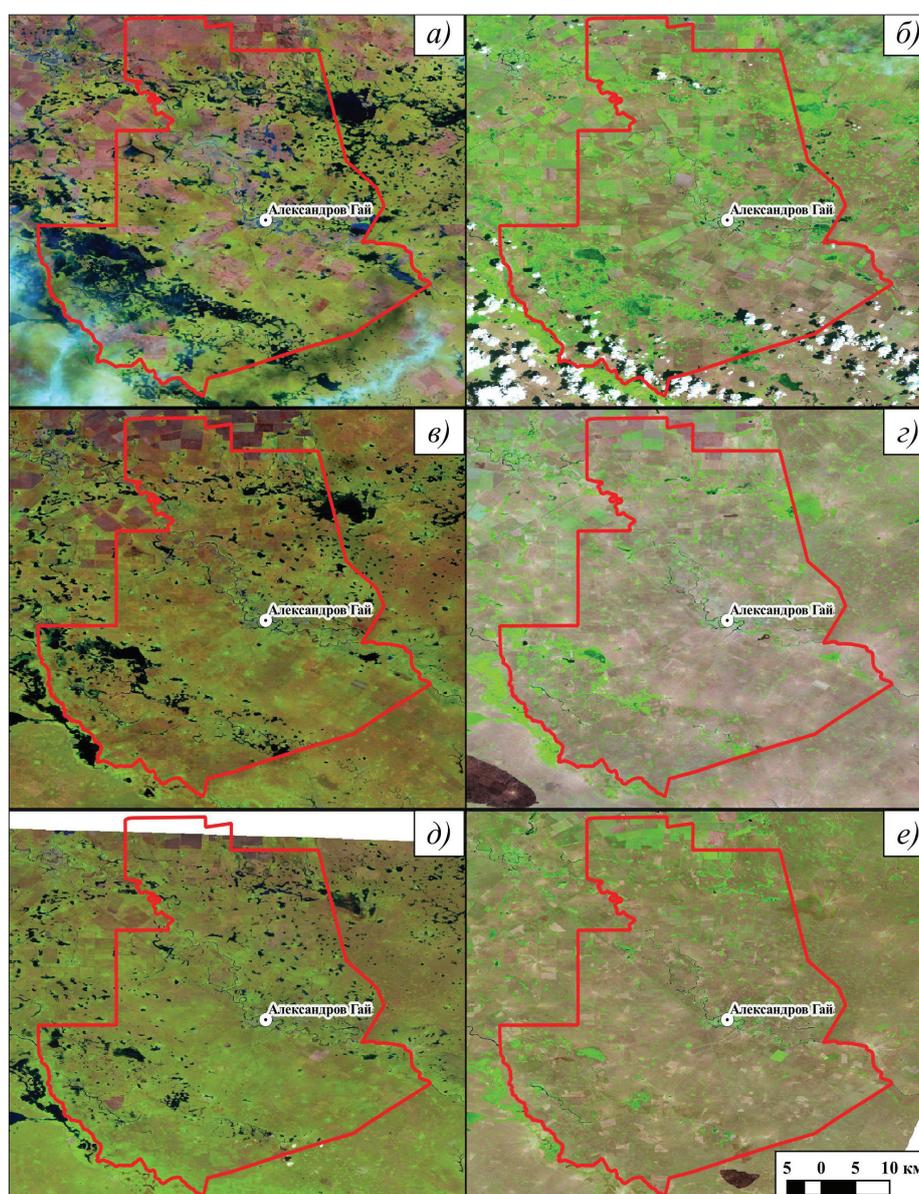


Рисунок 1. Спутниковые изображения территории исследований: 24.04.1994 (а), 13.07.1994 (б), 20.04.2010 (в), 26.06.2010 (г), 16.04.2022 (д), 09.07.2022 (е)

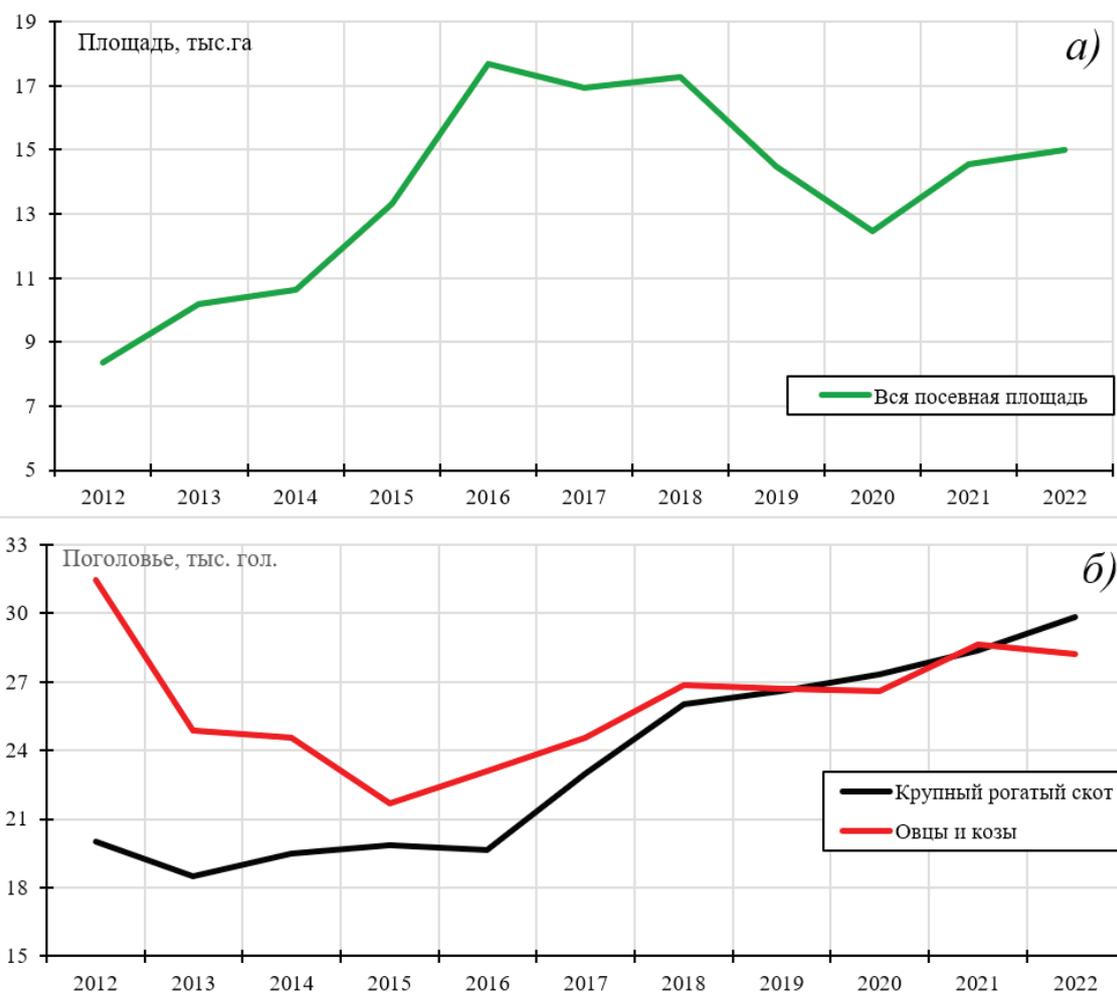


Рисунок 2. Динамика посевных площадей (а) и поголовья скота (б)

Глубина снежного покрова рассчитывалась при покрытии снегом не менее 50% территории вокруг метеостанции. Определялись как средние, так и максимальные и среднемаксимальные среднемесячные значения за зиму и год. Данные о величинах посевных площадей и поголовья скота были загружены из базы данных показателей муниципальных образований Саратовской области (<https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst63/DBInet.cgi>).

**Результаты и обсуждение.** Согласно Атласу почв РФ [10] в Александрово-Гайском районе 259,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из которых 36,8 тыс. га пашни, 28,9 тыс. га сенокосов и 193,6 тыс. га пастбищ. По данным сельскохозяйственной переписи 2006 г. в районе было 22,9 тыс. га пашни и 16,3 тыс. га залежей (<https://64.rosstat.gov.ru/folder/28075>). Актуальная величина площади посевных площадей в районе составляет от 9 до 20 тыс. га (рис. 2). В результате дешифрирования спутниковых данных картографировано 161,8 тыс. га пахотных земель в период 1984-2022 гг., из них 154,6 тыс. га необрабатываемых и 7,1 тыс. га обрабатываемых земель (рис. 3). Таким образом, большая часть залежных земель, которые использовались ранее для выращивания сельскохозяйст-

венных культур, в настоящее время имеют другое назначение (в основном пастбища и сенокосы). В районе в последние годы отмечается тенденция роста поголовья крупного рогатого скота на 50% к 2022 г. по сравнению с 2012 г., количество которого примерно выровнялось с овцами и козами (рис. 2). Тенденции роста поголовья скота свидетельствуют о том, что создаваемые защитные лесные насаждения в районе должны носить преимущественно пастбищезащитные и мелиоративнокормовые функции.

Карта-схема максимальной площади водного зеркала за весь период исследований дает представление о распространении понижений рельефа. В настоящее время заливание водой носит нерегулярный и кратковременный характер, поэтому эту территорию можно отнести к лесомелиоративному типу «в», соответственно здесь могут быть проведены лесомелиоративные работы согласно методическим рекомендациям [3].

Таким образом, получена оценка наиболее лесопригодных участков – 18,8 тыс. га (рис. 3в).

Поверхностный сток талых вод в водоемы зависит от снегозапаса, влажности и глубины промерзания почв [3]. Поэтому интерес представляет анализ взаимосвязей указанных характеристик

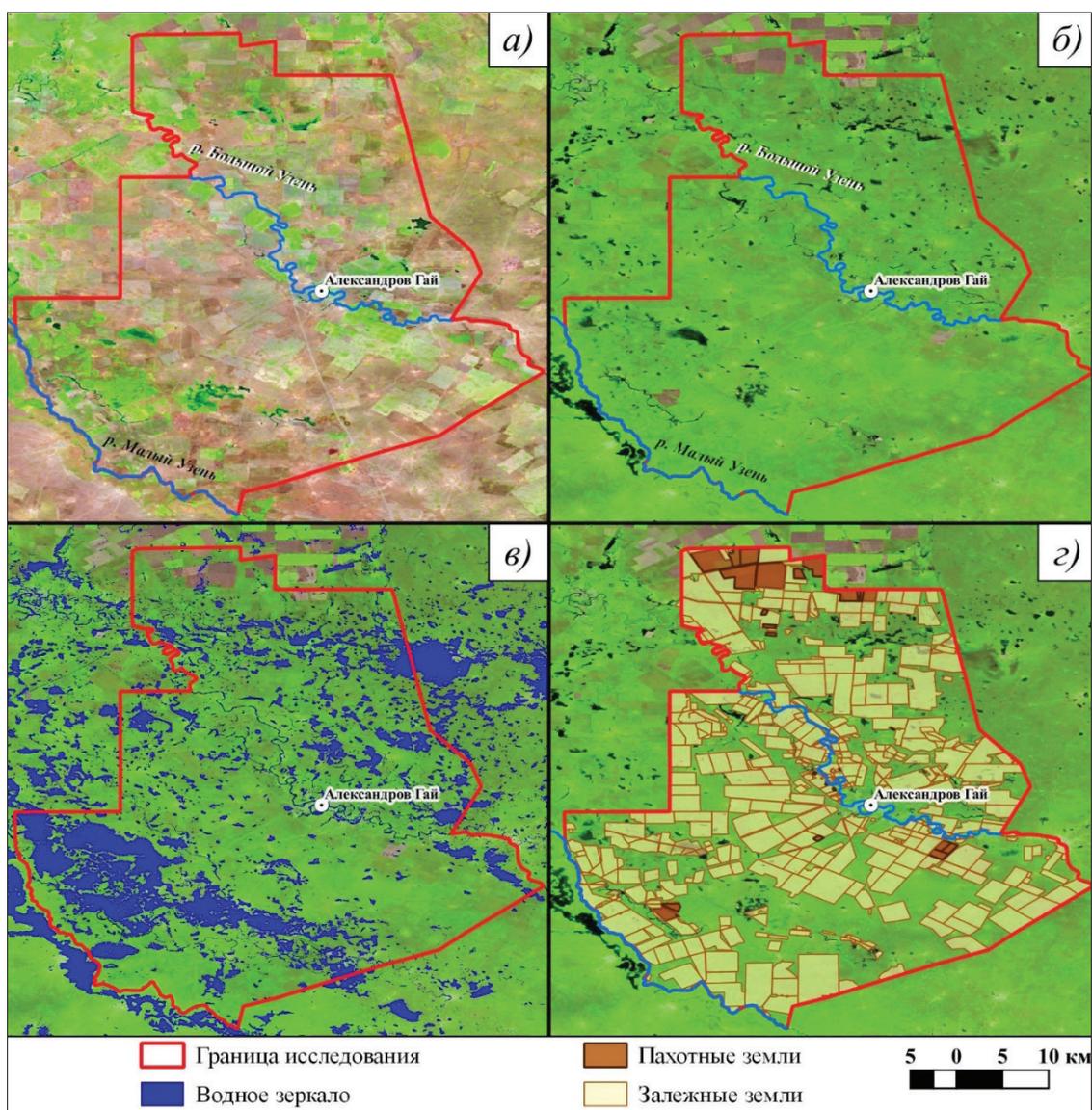


Рисунок 3. Спутниковые изображения 01.07.1984 (а), 07.05.2022 (б), максимальные площади водного зеркала (в), распределение пашни и залежи на 2022 год (г)

и площадей временных водоемов в понижениях (рис. 4). В юго-западной части района расположена Малоузенская система лиманного орошения, которая наполняется не только талыми водами и пойменными водами реки Малый Узень, но и по системе каналов из Волгоградского водохранилища. Поэтому взаимосвязи характеристик, обуславливающих поверхностный сток, и динамика площади водного зеркала на этом участке должны рассматриваться отдельно. Большая часть обводненных лиманов Малоузенской системы орошения используется в качестве сенокосов, поэтому лесные насаждения здесь могут снизить полезную площадь сенокоса. Необходимость и возможность проведения здесь лесомелиоративных мероприятий требует дополнительных исследований.

Наибольшее влияние на наполняемость понижений талыми водами оказывают атмосферные осадки ( $r=0,77$ ,  $p<0,01$ ), причем не только в холодное полугодие. Возможно, что это связано с ростом

поверхностного стока талых вод при увеличении влажности верхних горизонтов почвы [2]. В меньшей степени площадь водного зеркала связана с максимальной за зиму глубиной промерзания ( $r=0,21$ ,  $p<0,1$ ) и практически не зависит от мощности снежного покрова. Рост температур способствует уменьшению площадей заливаемых талыми водами понижений ( $r=-0,74$ ,  $p<0,01$ ) и сокращению периода их наполнения. Отчасти это может быть связано с трудностями картографирования быстровысыхающих понижений, поскольку в весенний период из-за частой облачности количество доступных спутниковых изображений снижено. Это может приводить к пропуску и недоучету реальных площадей заливаемых весной понижений. Тенденции климатических изменений в районе направлены на рост температур (значимость тренда  $p<0,05$ ), при этом значимых изменений сумм осадков, мощности снежного покрова и глубины промерзания почв не отмечено (рис. 4).

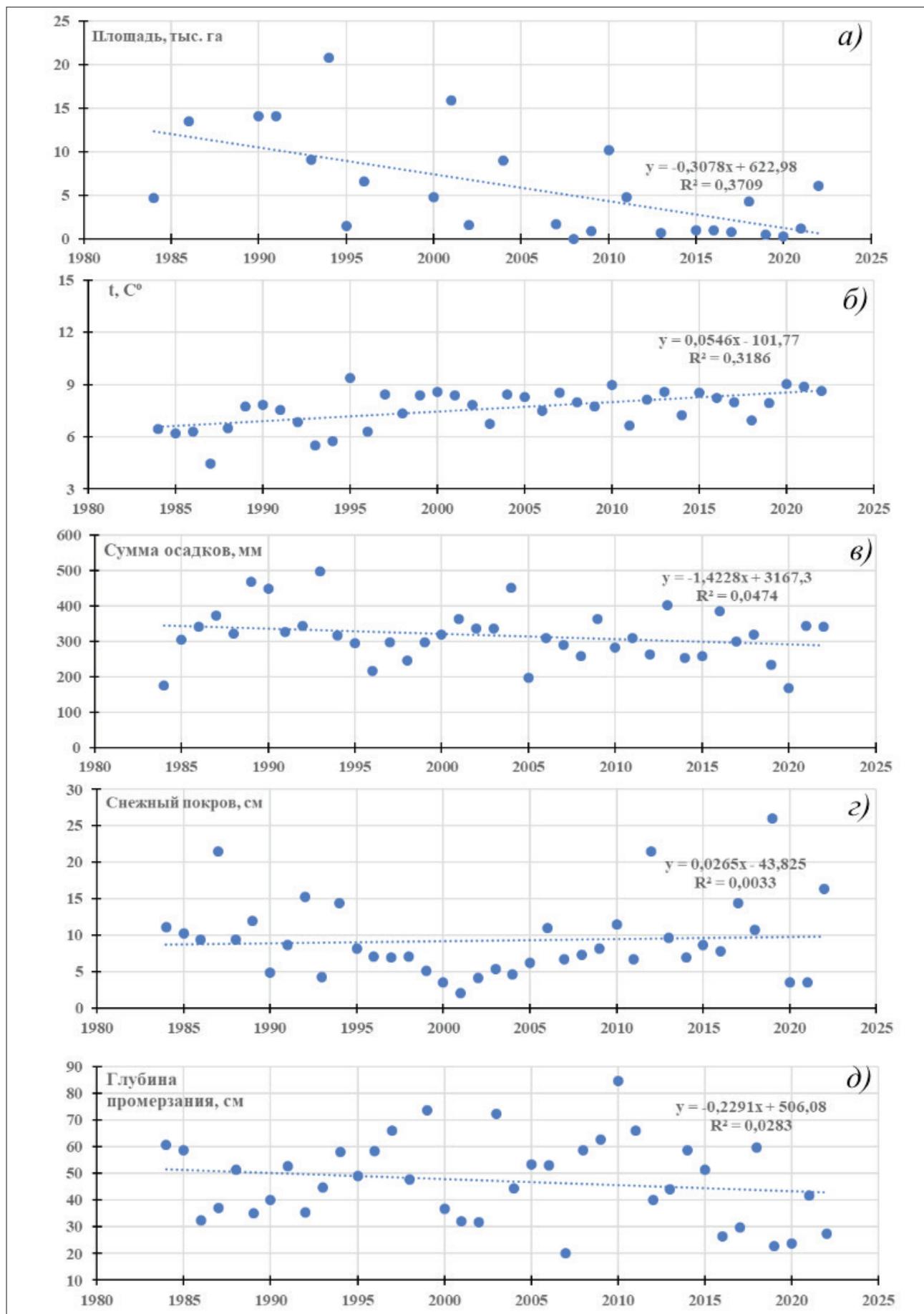


Рисунок 4. Динамика площади водного зеркала (а), температуры воздуха(б), годовой суммы осадков (в), снежного покрова (г), глубины промерзания (д)

В то же время наполняемость водой понижений значительно сокращается: после 2010 г. только в отдельные годы отмечены 5-7 тыс. га водного зеркала. Этот факт должен учитываться при планировании лесомелиоративных мероприятий на пастбищах района. Среднее количество дней со снегом (при мощности более 5 см и покрытии более 50%) в районе составляет 70-80 дней, что достаточно для функционирования защитных лесных насаждений в понижениях рельефа [3].

**Выводы.** В результате исследования определено пространственное размещение понижений в Александрово-Гайском районе на основе геоинформационного картографирования водного зеркала по данным дистанционного зондирования Земли. Анализ землепользования по спутниковым снимкам и данным статистики показал, что большая часть сельскохозяйственных угодий используются в качестве пастбищ. В условиях роста поголовья скота возможно проведение фитомелиоративных мероприятий по созданию пастбищезащитных лесных насаждений. Выявленные понижения рельефа общей площадью 18,8 тыс. га могут быть отнесены к лесомелиоративному типу «в».

#### Литература:

1. Агроресомелиорация. 5-е изд., переработ. и доп. / под ред. А.Л. Иванова, К.Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2022/12/agrolesomeliioracziya-1.pdf>
2. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2017. 188 с. Режим доступа: [https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/barab\\_.pdf](https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/barab_.pdf)
3. Беляев А.И., Кулик К.Н., Манаенков А.С. [и др.] Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. 68 с. Режим доступа: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2021/12/rekomendaczii-okonchat.pdf>
4. Болгов И.А., Берденгалиева А.Н. Анализ пространственной структуры сельскохозяйственных угодий юга Саратовского Заволжья // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 60-67. DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67
5. Васильченко А.А. Анализ основных методов выделения водного зеркала с помощью спектрональных данных ДЗЗ // Грани познания. 2021. № 2(73). С. 4-8. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_45688572\\_61445901.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_45688572_61445901.pdf) EDN: НКАТБР
6. Воронников И.Л., Панфилов А.В., Колотырин К.П. Влияние эколого-экономических рисков на состояние агроландшафтов Саратовского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1(25). С. 21-25. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologo-ekonomicheskikh-riskov-na-sostoyanie-agrolandshaftov-saratovskogo-zavolzhyia>
7. Гусев В.А., Пичугина Н.В. Проблемы современного землепользования на примере полупустынной зоны Саратовского Заволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. 2009. Т.9. № 1. С. 20-23. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremenного-zemlepolzovaniya-na-primere-polupustynnoy-zony-saratovskogo-zavolzhyia>
8. Конюшкова М.В. Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 316 с. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-kartografirovanie-pochv-solontsovyh-kompleksov-severnogo-prikaspiya1>
9. Кулик К.Н., Н.А. Ткаченко Адаптивно-ландшафтная трансформация малопродуктивных и деградированных земель Волгоградского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2(30). С. 3-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivno-landshaftnaya-transformatsiya-maloproduktivnyh-i-degradirovannyh-zemel-volgogradskogo-zavolzhyia>
10. Мамин В.Ф., Вронская Л.В. Состояние лиманов как пример антропогенной регрессии локальных луговых экосистем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3(63). С. 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08.
11. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» (под редакцией Р.С.-Х. Эдельгериева). 2021. Том 3. М.: ООО «Издательство МБА», 700 с.
12. Павлейчик В.М. Широтно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 2. С. 1-14. DOI: 10.24411/2304-9081-2019-12013
13. Рулев А.С., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 113-123. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-20-113-123
14. Рулев А.С., Юферев В.Г., Рулев Г.А. Почвенно-геоморфологическая катена «Малый сырт – Прикаспий» // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22-33. DOI 10.31857/S0435428120010125
15. Тарасенко П.В., Туктаров Р.Б. Современное эколого-мелиоративное состояние инженерных систем лиманного орошения полупустынной зоны Саратовского Заволжья // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 421. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8309>
16. Туктаров Р.Б., Онаев М.К., Жумаева К.Р. Использование ГИС-технологий для мониторинга лиманов // Наука и образование. 2022. № 1-2(66). С. 84-92. DOI: 10.52578/2305-9397-2022-1-2-84-92
17. Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Выприцкий А.А. Динамика площадей водоёмов Западного ильменно-бугрового района дельты Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 285-290. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290
18. Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах

юго-востока европейской части России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 122-133. DOI: 10.31857/S2587556622010113

19. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации. – Волгоград. ВНИАЛМИ. 2010. 102 с.

20. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077

21. Pugacheva A.M., Belyaev A.I., Trubakova K.Yu., Romadin O.D. Regional Climate Changes in Arid Steppes and their Connection with Droughts. *Arid Ecosystems*. 2022; 12(4):353-360. DOI: 10.1134/s2079096122040187

22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(5):495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071

23. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006;27:3025-3033. DOI: 10.1080/01431160600589179

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

## Remote Sensing Data Using for Mesorelief Depressions Monitoring in the Desolate Steppe Zone

Ivan A. Bolgov✉, e-mail: bolgov-ia@vfanc.ru, Post-graduate, ORCID: 0009-0003-3174-6382

Asel' N. Berdengalieva, Junior Researcher, ORCID: 0000-0002-5252-7133

«Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt 97, Volgograd, Russia

**Abstract.** In the arid conditions of the southern European part of Russia, located in the dry steppe and semi-desert zones, there has been a tendency to reduce arable land and use it as pastures in recent decades. Intensification of semi-nomad animal husbandry leads to excessive stress on natural communities, degradation of vegetation cover and desertification. Creation of forest plantations may be effective for preventing a negative impact on landscapes. In areas of dry steppes and semi-deserts, it is advisable to carry out forest reclamation measures in terrain lowering areas, which are characterized by the best soil and hydrological characteristics and are favorable for tree growth. The purpose of the work is to identify the sites in the study area that are most suitable for forest reclamation. The region of the Alexandrovo-Gaisky district of the Saratov Region was chosen as the research object as the most representative site. The determination of forest-suitable areas was carried out by negative landforms (depressions filled with water in the spring) mapping based on Sentinel-2 and Landsat-5,7,8 satellite images and MNDWI index calculating. In the semi-desert zone, mesorelief depressions are classified into large (estuaries), medium (padinas) and microrelief (for example, zapadinas). Weather data from the AISORI system, as well as official statistics, were also used to identify characteristics affecting the hydrological regime of depressions. 7.1 thousand hectares of arable land and 254.6 thousand hectares of non-arable land, which are mainly used as pastures, were mapped. The assessment of forest-suitable sites, the area of which is 18.8 thousand hectares, has been carried out. As a result of the data obtained on the flooding areas and meteorological data analysis, it was found that the hydrological conditions of relief depressions depend on the surface runoff of meltwater, the

depth of soil freezing in winter and the thickness of snow cover. An increase in the average annual air temperature in the study area leads to a decrease in the water content of depressions, which must be taken into account during forest reclamation.

**Keywords:** agricultural landscapes, desertification, land degradation, geoinformation technologies, remote sensing, mesorelief lowering

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state task for the FSC of agroecology RAS No. 122020100311-3 «Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural and geographical zones, as well as patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in current conditions».

**Citation.** Bolgov I.A., Berdengalieva A.N. Remote Sensing Data Using for Mesorelief Depressions Monitoring in the Desolate Steppe Zone. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):31-39.

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.004.31-39

Received: 16.01.2024

Accepted: 11.03.2024

### References:

1. Agroforestry. 5th ed., reworked. and additional / edited by A.L. Ivanov, K.N. Kulik. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2006. 746 p. (In Russ.). Access mode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2022/12/agrolesomeliioraczziya-1.pdf>

2. Barabanov A.T. Erosion and hydrological assessment of the interaction between natural and anthropogenic factors in the meltwater surface runoff formation and adaptive landscape agriculture. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house. 2017. 188 p. (In Russ.) Access mode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2023/04/barab.pdf>

3. Belyaev A.I., Kulik K.N., Manaenkov A.S. [et al.]. Methodological recommendations for the phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the

Russian Federation with innovative environmentally friendly resource-saving technologies. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2021. 68 p. (In Russ.) Accessmode: <https://vfanc.ru/wp-content/uploads/2021/12/rekomendaczii-okonchat.pdf>

4. Bolgov I.A., Berdengalieva A.N. Agricultural land spatial structure analysis in the south of the Saratov Trans-Volga region. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2023; 4(123): 60-67. (In Russ.) DOI: 10.34736/FNC.2023.123.4.009.60-67

5. Vasil'chenko A.A. Analysis of the water mirror main analysis methods using remote sensing spectral data. *Grani poznaniya*. 2021;2(73):4-8. (In Russ.) Accessmode: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_45688572\\_61445901.pdfEDN: HKATBP](https://elibrary.ru/download/elibrary_45688572_61445901.pdfEDN: HKATBP)

6. Vorotnikov I.L., Panfilov A.V., Kolotyryn K.P. The environmental and economic risks influence on the state of agricultural landscapes of the Saratov Trans-Volga region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2012;1(25):21-25. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-ekologo-ekonomicheskikh-riskov-na-sostoyaniye-agrolandshaftov-saratovskogo-zavolzhyia>

7. Gusev V.A., Pichugina N.V. Problems of contemporary land use on the example of the semi-desert zone of the Saratov Trans-Volga region. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Nauki o Zemle = Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*. 2009;9(1):20-23. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennogo-zemlepolzovaniya-na-primere-polupustynnoy-zony-saratovskogo-zavolzhyia>

8. Konyushkova M.V. Digital mapping of the saline complexes soils of the Northern Near-Caspian region. Moscow. KMK Publ. house. 2014. 316 p. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-kartografirovaniye-pochv-solontsovykh-kompleksov-severnogo-prikaspiya1>

9. Kulik K.N., Tkachenko N.A. Adaptive landscape transformation of unproductive and degraded lands of the Volgograd Trans-Volga Region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2013;2(30):3-8. (In Russ.) Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivno-landshaftnaya-transformatsiya-maloproduktivnykh-i-degradirovannykh-zemel-volgogradskogo-zavolzhyia>

10. Mamin V.F., Vronskaya L.V. The state of estuaries as an example of anthropogenic regression of local meadow ecosystems. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021;3(63):88-95. (In Russ.) DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08

11. National report «Global climate and soil cover of Russia: manifestation of drought, its prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)» (edited by R.S.-H. Edelgeriev). 2021. 3. Moscow. LLC «Izdatel'stvo MBA» Publ. house, 700 p. (In Russ.)

12. Pavlejchik V.M. Latitudinal-zonal heterogeneity of the grass fires development in the Trans-Volga-Ural region. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra*. 2019;2:1-14. (In Russ.) DOI: 10.24411/2304-9081-2019-12013

13. Rulev A.S., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Analysis of the NDVI natural vegetation seasonal dynamics in the Volga region of the Volgograd Region. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2016; 13(4):113-123. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-20-113-123

14. Rulev A.S., Yuferev V.G., Rulev G.A. «Maly Syrt – Near-Caspian region» soil-geomorphological catena. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. 2020;1:22-33. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0435428120010125

15. Tarasenko P.V., Tuktarov R.B. Current ecological and reclamation condition of estuary irrigation engineering systems in the semi-desert zone of the Saratov Trans-Volga region. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2013;1:421. (In Russ.) Access mode: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8309>

16. Tuktarov R.B., Onaev M.K., Zhumaeva K.R. The use of GIS technologies for estuaries monitoring. *Nauka i obrazovanie*. 2022;1-2(66):84-92. (In Russ.) DOI: 10.52578/2305-9397-2022-1-2-84-92

17. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Berdengalieva A.N., Vypritskij A.A. Dynamics of the reservoirs areas in the Western Estuaries-Hilly region of the Volga river Delta. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa = Current problems in remote sensing of the Earth from Space*. 2021;18(4):285-290. (In Russ.) DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290

18. Shinkarenko S.S., Doroshenko V.V., Berdengalieva A.N. The burnt area dynamics in the zonal landscapes of the South-East of the European part of Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2022;86(1):122-133. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2587556622010113

19. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P. Geoinformation technologies in agroforestry. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2010. 102p. (In Russ.)

20. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022;14(1):77. DOI: 10.3390/rs14010077

21. Pugacheva A.M., Belyaev A.I., Trubakova K.Yu., Romadina O.D. Regional Climate Changes in Arid Steppes and their Connection with Droughts. *Arid Ecosystems*. 2022; 12(4):353-360. DOI: 10.1134/s2079096122040187

22. Rulev A.S., Pugacheva A.M. Formation of a New Agroforestry Paradigm. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2019;89(5):495-501. DOI: 10.1134/S1019331619050071

23. Xu H. Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2006;27:3025-3033. DOI: 10.1080/01431160600589179

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.