Московский экономический журнал. № 12. 2024
Moscow economic journal. № 12. 2024
Научная статья
Original article
УДК 338.31:633.11:528.8
doi: 10.55186/2413046X_2024_9_12_463

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА СНИЖЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО СПУТНИКА SENTINEL-2

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC RISK OF REDUCED WINTER WHEAT YIELDS FROM SOIL EROSION USING DATA FROM THE SENTINEL-2 SPACE SATELLITE

Зверьков Михаил Сергеевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Коломна, E-mail: rad_sc@bk.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8348-4391

Мазурова Ирина Сергеевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИИ систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», Коломна

Zverkov Mikhail Sergeevich, candidate of technical sciences, leading researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga», Kolomna, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8348-4391, rad_sc@bk.ru

Mazurova Irina Sergeevna, candidate of biological sciences, junior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute «Raduga», Kolomna

Аннотация. В статье показан оригинальный пример использования инструментария геоинформационной системы вегетационного индекса NDVI для картографирования эродированных почв с целью оценки снижения коэффициента земельного использования и доходности при выращивании озимой пшеницы в

условиях полевого сезона 2024 года. Анализируются данные Росстата по динамике урожайности и ценам производителей на зерно за 2019–2024 гг. Отмечается, что за последние 5 лет зафиксирована самая низкая урожайность – всего 28,2 ц/га, что на 12,7 ц/га меньше, чем годом ранее. Анализируются возможные причины снижения урожайности. Результаты исследования могут быть полезны сельскохозяйственным товаропроизводителям при прогнозировании урожайности и рентабельности культуры. В результате анализа NDVI установлено, что эродированная площадь $F_{эр}$ составляет 0,451 га (4% от общей площади). В приведенном примере потенциально возможная потеря доходности от реализации урожая озимой пшеницы составила 205 287,1 руб.

Abstract. The article shows an original example of the use of the NDVI vegetation index geographic information system tools for mapping eroded soils in order to assess the decrease in land use and profitability in growing winter wheat in the 2024 season. Rosstat data on the dynamics of yields and producer prices for grain for 2019-2024 are analyzed. It is noted that over the past 5 years, the yield is the lowest - only 28.2 c/ha, which is 12.7 c/ha less than a year earlier. Possible causes of yield reduction are analyzed. The results of the study can be useful for agricultural producers in predicting crop yield and profitability. As a result of NDVI analyses, the Fer eroded area was found to be 0.451 ha (4% of the total area). As a result of NDVI analyses, the Fer eroded area was found to be 0.451 ha (4% of the total area). In the given example, the potential loss of profitability from the sale of the winter wheat crop was, taking into account 205287.1 rubles.

Ключевые слова: озимая пшеница, дистанционное зондирование, Sentinel-2, вегетационный индекс NDVI, эрозия, урожайность, Росстат, Зерновой союз, экономический риск, рентабельность, доходность

Keywords: remote sensing, vegetation index, winter wheat, NDVI, Sentinel-2, Rosstat, erosion, yield, yield, Grain Union, economic risk, profitability, yield

Введение. Земледелие – зона повышенных экономических рисков. Производители сельскохозяйственной продукции, зная об этом, всегда стремятся минимизировать издержки, балансируя между стратегически важными и высокомаржинальными культурами. Зерновые – важная стратегическая группа сельскохозяйственных культур. В соответствии со ст. 1 Закона РФ от 14 мая 1993 г. N 4973-I «О зерне», оно является национальным достоянием страны, одним из основных факторов устойчивости ее экономики [3].

В условиях цифровизации секторов агропромышленного комплекса перед Минсельхозом России встала важная задача по разработке и развитию государственных информационных систем. В настоящее время в целях обеспечения актуальными и достоверными сведениями о землях сельскохозяйственного назначения и «прослеживаемости» зерна выполняется интеграция нескольких государственных порталов, отчетность (в том числе по урожайности культур) на которые передается сельскохозяйственными товаропроизводителями.

По данным Росстата (рисунок 1) среднемноголетняя урожайность озимой пшеницы в России составляет 36,6 ц/га. При этом ее распределение неравномерно, определяется климатическими условиями года (в первую очередь температурой и влажностью), генетической особенностью сорта и агротехникой возделывания культуры. Обращает на себя внимание изменение урожайности от года к году. Так в 2019 году урожайность снизилась по отношению к 2018 году, в 2020 – повысилась и т.д. Особенно выделяются результаты 2024 года: за последние 5 лет урожайность самая низкая – всего 28,2 ц/га, что на 12,7 ц/га ниже чем годом ранее. По заявлению президента Российского зернового союза А.Л. Злочевского[1] уже к концу мая 2024 года свыше 1,5 миллионов гектаров озимых пострадало из-за сильных (за последние 100 лет метеорологических наблюдений) заморозков, из которых свыше 900 тысяч гектаров должны быть посеяны заново.

[1] Урожай зерна в России в 2024 году не превысит 130 млн тонн - глава РЗС // РИА Новости [Электронный ресурс]. URL: https://ria.ru/20240527/zerno-1948693979.html (Дата обращения 24.11.2024 г.).

По оценкам Минсельхоза к августу 2024 года потеря озимых от возвратных заморозков составила 1,1 млн га[2].

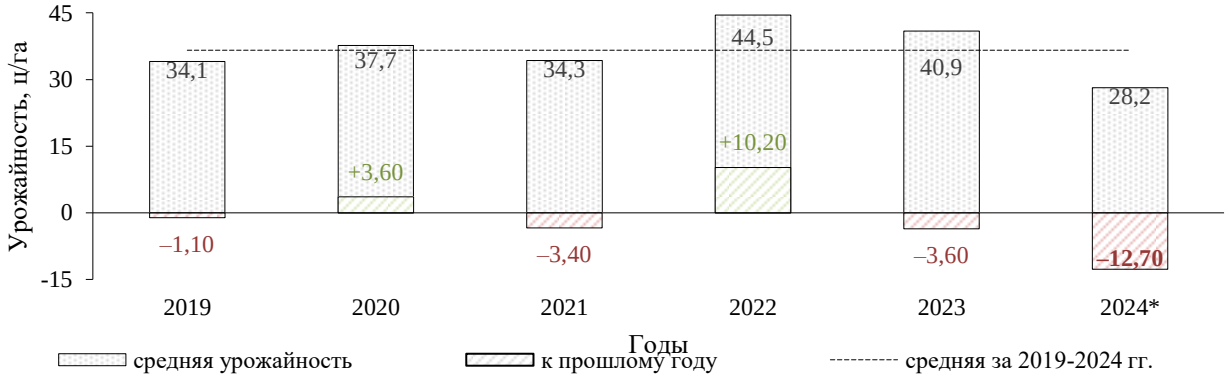


Рисунок 1 – Динамика урожайности озимой пшеницы по данным Росстата (2019–2023 гг.) и Минсельхоза России за 2024 год (*предварительно)

Непростые климатические условия конца 2024 года также вызывают опасения у экспертов[3]: возрастают риски по 38% посевов озимых (это около 6,46 млн га), которые не достигли стадии кущения в необходимые агротехнологические сроки. Минимум осадков в период с августа по октябрь стал причиной слабого развития растений либо отсутствия всходов. По данным аналитиков[4] в Центральном федеральном округе (ЦФО) такая ситуация наблюдается на 2,07 млн га пашни (62,2%), в Южном федеральном округе – 3,07 млн га (44%), в Северо-Кавказском федеральном округе – 0,7 млн га (29,2%), в Приволжском федеральном округе (ПФО) – 0,62 млн га (14,1%). Наиболее критична ситуация в ЦФО и ПФО, так как метеорологические условия не способствовали полноценному развитию всходов в связи с чем прогноз на весну по посевам неблагоприятный.

Всё это не только риски снижения экспорта зерна, но и уменьшение объемов инвестиций в выращивание зерновых. Потеря доходности – ключевой показатель рентабельности для производителя. Если производитель теряет прибыль, то у него

[2] В России от заморозков увяли посевы на площади более миллиона гектаров // ГАЗЕТА.RU [Электронный ресурс]. URL: https://www. https://www.gazeta.ru/social/news/2024/08/17/23708239.shtml (Дата обращения 11.11.2024 г.).
[3] Зерновой союз: Россия рискует потерять почти 40% посевов пшеницы // ГАЗЕТА.RU [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazeta.ru/social/news/2024/12/05/24550292.shtml?updated (Дата обращения 05.12.2024 г.).
[4] Рискованная закладка под будущий урожай [Электронный ресурс]. URL: https://newizv.ru/news/2024-12-05/ozimye-tramp-i-tseny-na-hleb-produkty-v-rossii-budut-dorozhat-no-ne-iz-za-pogody-434773 (Дата обращения 05.12.2024 г.).

закономерно пропадает интерес к возделыванию этой культуры. Однако, по данным Росстата (рисунок 2) на фоне стремительного наращивания объемов экспорта при неурожае зерна в России растут и цены производителей. Так, по предварительным данным за январь–октябрь 2024 г. стоимость зерна выросла на 687 руб./т по отношению к среднегодовым ценам прошлых сезонов, когда из-за рекордных 40,9…44,5 ц/га цены падали два года подряд: на 1452 руб./т в 2022 г. и на 1966 руб./т в 2023 г.

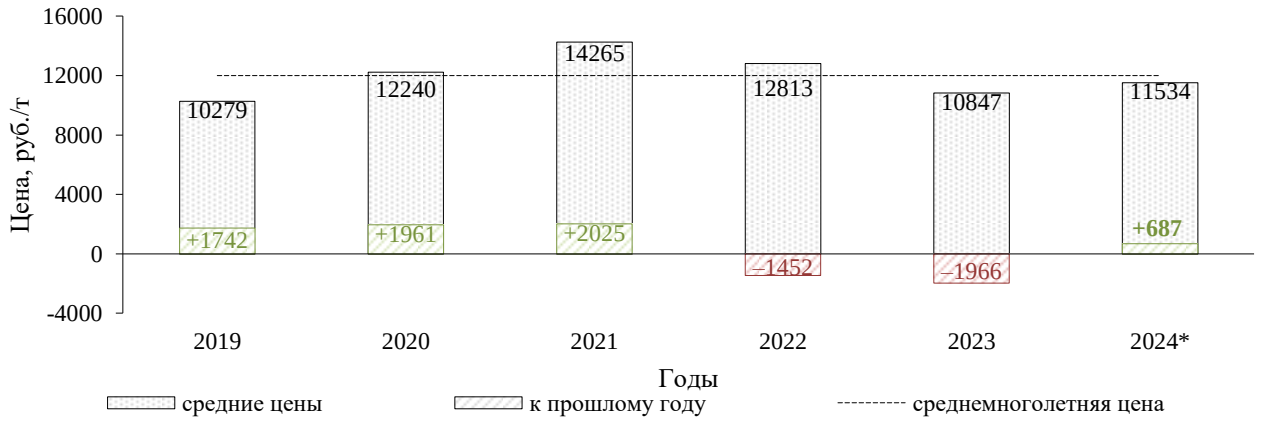


Рисунок 2 – Динамика средних цен производителей сельскохозяйственной продукции на зерно пшеницы по данным Росстата (* за январь–октябрь 2024 г.)

Закономерной является и реакция перерабатывающих зерно организаций. Если в прошлые 2022–2023 гг. закупочные цены падали, соответственно на 525,84 и 3328,70 руб./т, то уже в этом году динамика показала рост +1116,52 руб./т (рисунок 3).

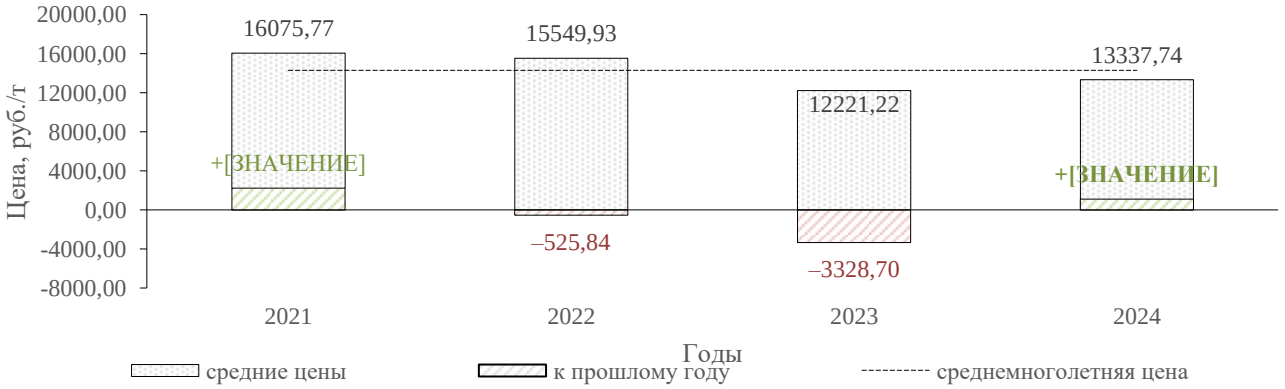


Рисунок 3 – Динамика средних цен на приобретенное промышленными организациями зерно пшеницы для основного производства по данным Росстата (* за январь–октябрь 2024 г.)

Что будет с динамикой потребительских цен на продукцию из зерна – покажет время. Однако, не только метеорологические условия определяют урожайность сельскохозяйственных культур и стоимость зерна, но и деградационные процессы в почве [16].

Проблема охраны почв от эрозии с каждым годом становится все более актуальной. Это связано, во-первых, с осознанием выдающейся роли почвы в жизни биосферы, во-вторых, с признанием того факта, что почвенный покров России находится сейчас в критическом состоянии [4].

Большинство землепользователей в погоне за лучшими показателями урожайности не задумываются над процессами деградации почв, выбирая тот или иной способ агротехники растений. Между тем, значительные площади ежегодно исключаются из сельскохозяйственного оборота в результате нерационального использования земель и их деградации. Так, по состоянию на 2010 год в России более 67 % сельхозугодий подвержены эрозии. Причем ведущая роль принадлежит ирригационной эрозии [5, 6]. Ученые характеризуют эрозию почв, как одну из наиболее опасных экологических проблем сельскохозяйственных агроландшафтов, и как основную экологическую угрозу устойчивости и продуктивности сельского хозяйства [7], устойчивого экономического и экологического развития [8].

Однако, помимо причин естественного порядка (суховеи, проливные дожди и др.) экстенсивные и устаревшие технологии ведения сельскохозяйственного производства также могут привести к эрозии и снижению продуктивности почвы [9]. Эрозия почвы приводит к потере продуктивности из-за физической потери верхнего плодородного (гумусового) слоя, к уменьшению глубины распространения корневой системы растений, к потерям питательных веществ и воды для растений [10, 11, 12], то есть к снижению почвенного плодородия, потеря которого является основным локальным последствием.

Очевидно, что для определения экологического ущерба в виде расчета стоимости потерь почвы, урожая, оценки компенсационных затрат на

поддержание уровня и воспроизводства плодородия почв, оценки последствий этого процесса для общества и природы в целом необходимы данные об уровне эрозии. Помимо фактических данных потерь почвы в экономических и статистических исследованиях часто используют данные различных моделей потери почвы от эрозии.

Цель настоящего исследования заключалась в картографировании эродированного участка поля по данным дистанционного зондирования Земли и оценке экономического риска снижения урожайности озимой пшеницы.

Научно-практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в статье показан оригинальный пример использования инструментария геоинформационной системы вегетационного индекса NDVI для картографирования эродированных почв с целью оценки снижения коэффициента земельного использования и доходности при выращивании озимой пшеницы. Результаты исследования могут быть полезны сельскохозяйственным товаропроизводителям при прогнозировании урожайности и рентабельности культуры.

Материалы и методы исследования. При программировании урожайности озимой пшеницы использован стандартный метод А.А. Ничипоровича:

$$У_{\mathrm{FAR}} = \frac{\Sigma Q_{\mathrm{FAR}} K}{10^2 q 10^2},$$

где $У_{\mathrm{FAR}}$ – урожайность абсолютно сухой растительной массы, т/га; ΣQ_{FAR} – количество приходящей фотосинтетически активной радиации (ФАР) за период вегетации культуры в данном регионе, млрд ккал/га; K – запланированный коэффициент использования ФАР, %; 10^2 – перевод K в абсолютные величины; q – калорийность органического вещества единицы урожая (количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества), ккал/кг (для озимой пшеницы q = 4554 ккал/кг); 10^2 – перевод из кг в ц.

По расчетам авторов статьи за период вегетации культуры (10.10.2023 г. – 15.07.2024 г.) количество приходящей ФАР по среднемноголетним данным на

широте участка (55,122° с. ш.) составляет 28,5 ккал/см^2 или 28,5 10^8 млрд ккал/га. По расчетам других исследователей приходящая ФАР[5] за указанный период вегетации в Московской области может составлять 13,5 10^8 млрд ккал/га [14], по другим данным – 21,9 млрд ккал/га [15].

Коэффициент использования ФАР принят по М.К. Каюмову как средний (3%). При этом стоит отметить, что некоторые исследователи в расчетах урожайности назначают *K* для условий Московской области (например, на широте Ногинска) на уровне 0,95%, 1,33% или 2,10% [13].

Таким образом, возможно получение 187,8 ц/га абсолютно сухой биомассы. Учитывая соотношение основной продукции и побочной соответственно как 1:2, запрограммированная урожайность основной продукции при стандартной влажности зерна 14% может составлять $У_{pot}$ = 72,8 ц/га.

На анализируемом участке в соответствии со схемой севооборота выращивали озимую пшеницу *Triticum aestivum L.* сорта «Тимирязевская 150» (репродукция «ЭС», производитель ООО «Щелково агрохим») без орошения. Начало сева пришлось на 21.09.2023 г., конец – 22.09.2023 г., уборка состоялась в период 26.07–15.08.2024 г. Урожайность озимой пшеницы составила У = 59,1 ц/га, что на 18,8% ниже запрограммированной. Необходимо отметить, что агротехника возделывания озимой пшеницы на участке достаточно хорошая, недобор связан с климатическими условиями года и средней засоренностью посевов (рисунок 4). Эрозия почвы влияет на коэффициент использование земли и валовый сбор зерна.

Картографирование участка гидромелиоративной системы выполнено в среде программы QGIS (ver. 3.28.1 «Firenze»). Разработан цифровой двойник участка. Исходная система координат – WGS 84 (Pseudo-Mercator, EPGS:3857). Картографирование эродированного участка выполнено с использованием данных спутника Sentinel-2 Европейского космического агентства. Расчет вегетационного индекса NDVI проведен в растровом калькуляторе путем микширования спектральных каналов B08 (NIR) и B04 (RED). Полученные растры

[5] Указаны значения, пересчитанные из МДж/м^2 в млрд ккал/га.

векторизованы в геоинформационной системе SAGA GIS 9.3.1. Оценка площадей выполнена с помощью функции геометрии полигонального объекта $area, которая позволяет вычислить площадь по эллипсоиду (если он установлен в системе координат) или на плоскости (если эллипсоид не установлен).

Рисунок 4 – Общий вид эродированного участка (зеленые группы растений – засоренность ежовником обыкновенным *Echinochloa crus-galli* (*L.*) *Beauv*., июль 2024 г.)

Наблюдения *in situ* позволили ассоциировать аномальные значения NDVI с эродированным участком, заросшим ежовником обыкновенным *Echinochloa crus-galli* (*L.*) *Beauv*. Эти значения исключались из итогового векторного слоя NDVI, для которого рассчитывались значения зональной статистики (медиана *median*, минимальные *min* и максимальные *max* значения). Уровень статистической значимости принят 0,05, рассчитывалось стандартное отклонение *s* и доверительный интервал медианы. Обработка данных и графическое оформление результатов исследования также выполнены в электронных таблицах Microsoft Office Excel (ver. 16.10 Build 180124 (2018)).

При расчете экономического риска эрозии *C* использована методика М.С. Зверькова [1, 2]. Для упрощения расчетов приняты следующие допущения: сумма эколого-экономических ущербов за пределами изучаемого участка отсутствует, то есть $\Sigma C_{\text{off-site}} = 0$. А сумма локальных эффектов из-за риска эрозии выражается

только недобором урожая из-за неэффективного использования площади участка. Тогда стоимость ущерба $C_с$ от потери урожая составит:

$$C_с = C(Y_{pot}) - C(Y) = C_у(Y_{pot} - Y),$$

где $C(Y_{pot})$ – потенциально возможный доход (экономический эффект, прибыль) от реализации урожая; $C(Y)$ – доход за реально собранный урожай; $C_у$ – цена реализации единицы урожая.

Дополнительный ущерб возникает, как отмечено выше, в следствии снижения коэффициента КЗИ использования земли, который в данном случае определяется как

$$КЗИ = (F_{нт} - F_{эр})/F_{нт},$$

где $F_{нт}$ – площадь «нетто» (площадь посевов в границах анализируемого участка), га; $F_{эр}$ – площадь эродированной части участка.

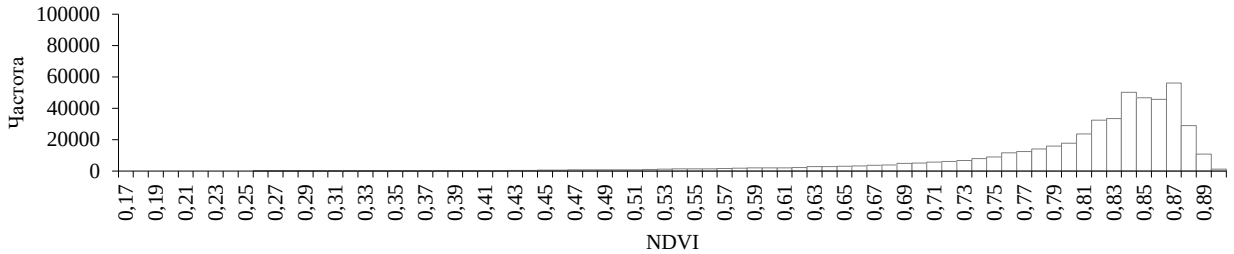
Поэтому при оценке потенциально возможной потери доходности от реализации урожая озимой пшеницы необходимо учитывать КЗИ. Тогда экономический риск эрозии C составит:

$$C = C_у[У_{pot}\, F_{нт} - У(F_{нт} - F_{эр})]. \quad (1)$$

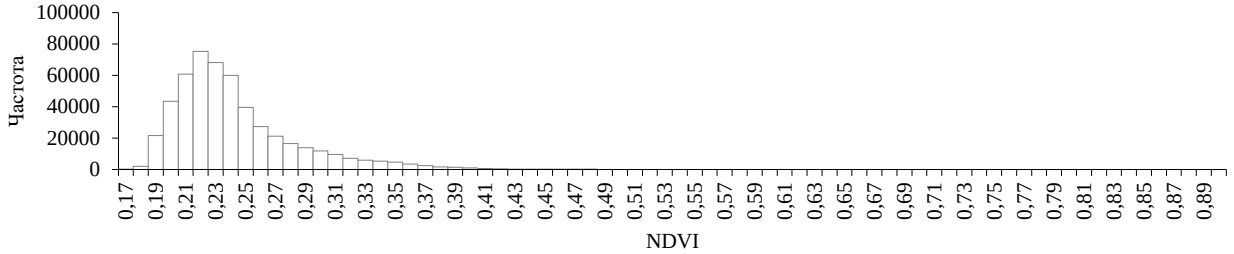
Для условий расчета значение $C_у$ = 11534 руб./т принято по среднероссийской (за январь–октябрь 2024 г.) цене производителей сельскохозяйственной продукции на зерно пшеницы по данным Росстата.

Результаты исследований и их обсуждение. Гистограммы значений вегетационного индекса NDVI приведены на рисунке, результаты картографирования эродированного участка – на рисунке 6.

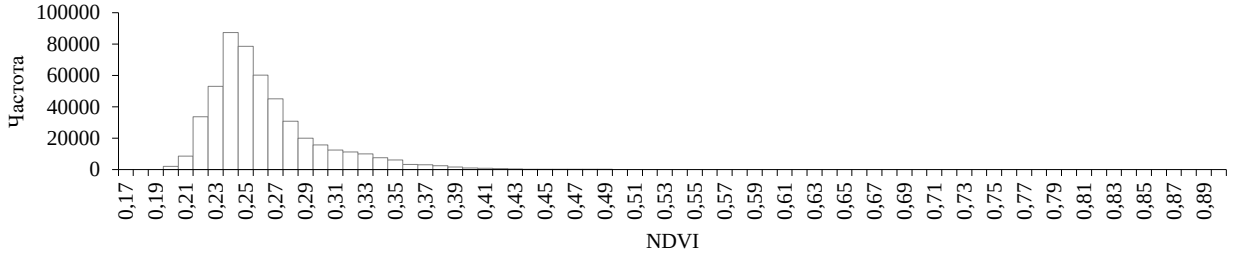
Максимальное значение NDVI в фазы колошения и цветения (12.06.2024 г.) составило 0,9, минимальное – 0,26, медиана 0,83 $\pm$ 0,05 (стандартное отклонение 0,19). В фазу физической спелости (24.07.2024 г.) и в первые дни уборки зерна значения вегетационного индекса были следующие: экстремумы соответственно 0,48 и 0,49, 0,17 и 0,20, медианы 0,23 $\pm$ 0,03 (s = 0,09) и 0,25 $\pm$ 0,03 (s = 0,09).



А



Б



В

Рисунок 5 – Гистограммы выборок значений NDVI без эродированного участка: А – 12.06.2024 г.; Б – 24.07.2024 г.; В – 27.07.2024 г.

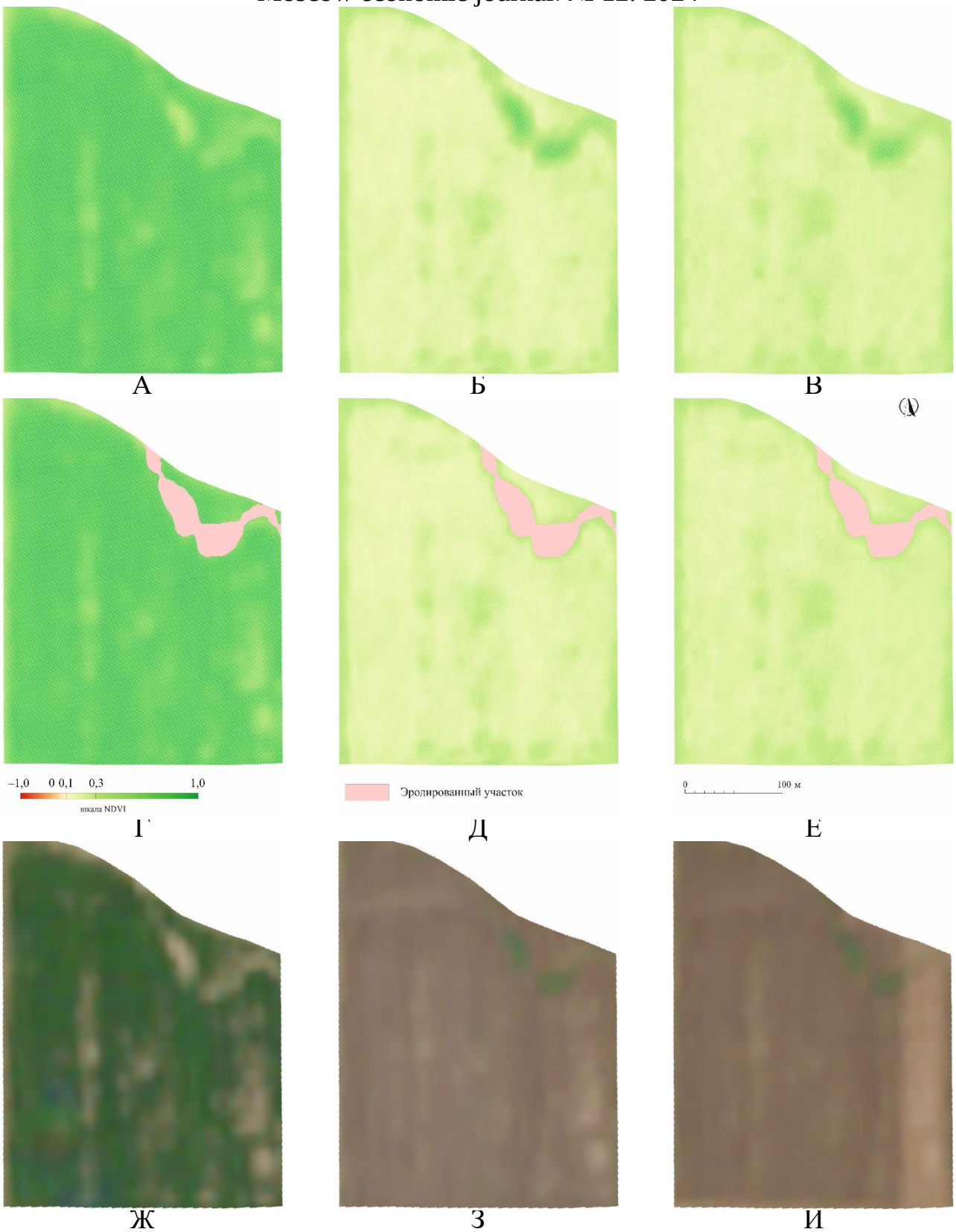


Рисунок 6 – Индексы NDVI: А – 12.06.2024 г.; Б – 24.07.2024 г.; В – 27.07.2024 г.; Г, Д, Е – соответственно в те же даты после дешифрирования с эродированным участком; Ж, З, И – «true color» в те же даты Sentinel-2

В результате анализа NDVI установлено, что эродированная площадь $F_{эр}$ составляет 0,451 га, общая площадь «нетто» $F_{нт}$ – 11,046 га. Наложение векторного слоя на спутниковый снимок «true color» (рисунок 7) отражает удовлетворительную сходимость дешифрирования эрозии и определения площади деградационного процесса. КЗИ при этом составляет 0,96, то есть эродированный участок составляет 4% от общей площади.

А Б

Рисунок 7 – Спутниковый снимок «true color» с наложением контура эродированного участка (Б), полученного после обработки данных вегетационного индекса

Потенциально возможная потеря доходности *C* от реализации урожая озимой пшеницы по зависимости (1) составила с учетом КЗИ 205287,1 руб.

Необходимо отметить, что приведенная в статье дифференцированная стоимостная оценка риска эрозии выполнена без учета полной технологической карты возделывания культуры и всех возможных рисков производителя,

связанных с изучаемым почвенным деградационным процессом. Полученные результаты не относятся к коммерческой тайне и не могут быть использованы в качестве оценки ответственности производителя и суммарно понесенного им ущерба.

Выводы. С использованием данных дистанционного зондирования Земли выполнено картографирование эродированного участка в посевах озимой пшеницы и оценены экономические риски потери доходности от снижения урожайности сельскохозяйственной культуры.

Список источников

1. Zverkov, M. Environmental and economic costs of soil erosion on rural areas / M. Zverkov, S. Bryl, N. Murzak // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena. Vol. 5.2. Sofia, 2020. P. 227-234. DOI 10.5593/sgem2020/5.2/s21.027. EDN NESAZC.

2. Экономические риски последствий эрозии как элемент оценки технического уровня гидромелиоративных систем / С.В. Брыль, М.С. Зверьков // Экология и строительство. 2019. № 2. С. 43-49. DOI 10.35688/2413-8452-2019-02-006. EDN PGNKNT.

3. Закон РФ от 14 мая 1993 г. N 4973-I «О зерне» [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/10108087/6f6a564ac5dc1fa713a326239c5c2f5d/ (Дата обращения 11.11.2024 г.).

4. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.

5. Ирригационная эрозия почв при поверхностных способах полива: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ»/ составители: С. М. Васильев, М. А. Субботина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Финошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 44 с.

6. Романенков Г.А. и др. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России // М.: Росинформагротех, 2008. – 67с.

7. Pimentel D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits.Econ61, 267, pp.1117-1123.

8. Kefi, M., Kunihiko, Y. Evaluation of the economic effects of soil erosion risk on agricultural productivity using remote sensing: case of watershed in Tunisia // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010 930.

9. Telles, T.S., Dechen, S.C.F., Souza, L.G.A., Guimarãe, M. de F. Valuation and assessment of soil erosion costs // Scientia Agricola, 2013. Vol. 70(3). P. 209-216. DOI: 10.1590/S0103-90162013000300010.

10. Сулейманов А.О. Агрофизическая оценка эродированных почв юго-восточной части Малого Кавказа и пути их регулирования / А.О. Сулейманов // Экология и строительство. 2021. № 1. С. 20-29. DOI 10.35688/2413-8452-2021-01-003. EDN HTMRPF.

11. Чикалова Л.С. Эрозия почвы как фактор, оказывающий влияние на урожайность продукции сельского хозяйства // Экология и строительство. 2023. № 3.

12. Мамедов М.И. Морфогенетическая диагностика почв сухих субтропических зон Азербайджана и влияние виноградного растения на изменение параметров плодородия // Экология и строительство. 2023. № 3. С. 4–12. doi: 10.35688/2413-8452-2023-03-001.

13. Кабачкова Н.В. Получение запрограммированных урожаев озимой пшеницы в условиях Московской области / автореф. дисс. … канд. с.-х. наук. М.: РГАЗУ, 2004. 20 с.

14. Шульгин И. А., Вильфанд Р. М., Страшная А. И., Береза О. В. Солнечная радиация в оценках максимальной урожайности яровых культур // Биосфера. 2015. Т.7. №4. С. 371–383.

15. Горбаренко Е.В.; Бунина Н.А. Мониторинг фотосинтетически активной радиации в МО МГУ // Агрометеорология XXI века, часть 4: мат. Всерос. науч.-практ. конф. М., 2024. С. 100–108.

16. Шахмалиева С.М. Исследование водообеспеченности засухоустойчивых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Кура-Аразской низменности Азербайджана // Экология и строительство. 2024. № 3.

References

1. Zverkov, M. Environmental and economic costs of soil erosion on rural areas / M. Zverkov, S. Bryl, N. Murzak // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena. Vol. 5.2. Sofia, 2020. P. 227-234. DOI 10.5593/sgem2020/5.2/s21.027. EDN NESAZC.

2. Ekonomicheskie riski posledstvij erozii kak element ocenki tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnyh sistem / S.V. Bryl', M.S. Zver'kov // Ekologiya i stroitel'stvo. 2019. № 2. S. 43-49. DOI 10.35688/2413-8452-2019-02-006. EDN PGNKNT.

3. Zakon RF ot 14 maya 1993 g. N 4973-I «O zerne» [Elektronnyj resurs]. URL: https://base.garant.ru/10108087/6f6a564ac5dc1fa713a326239c5c2f5d/ (Data obrashcheniya 11.11.2024 g.).

4. Kuznecov M.S., Glazunov G.P. Eroziya i ohrana pochv: Uchebnik. – M.: Izd-vo MGU, 1996. – 335 s.

5. Irrigacionnaya eroziya pochv pri poverhnostnyh sposobah poliva: nauchnyj obzor FGHU «RosNIIPM»/ sostaviteli: S. M. Vasil'ev, M. A. Subbotina, N. I. Tupikin, E. A. Kropina, A. B. Finoshin. – M.: FGHU CNTI «Meliovodinform», 2010. – 44 s.

6. Romanenkov G.A. i dr. Problemy degradacii i vosstanovleniya produktivnosti zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v Rossii // M.: Rosinformagrotekh, 2008. – 67s.

7. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R., 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits.Econ61, 267, pp.1117-1123.

8. Kefi, M., Kunihiko, Y. Evaluation of the economic effects of soil erosion risk on agricultural productivity using remote sensing: case of watershed in Tunisia // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010 930.

9. Telles, T.S., Dechen, S.C.F., Souza, L.G.A., Guimarãe, M. de F. Valuation and assessment of soil erosion costs // Scientia Agricola, 2013. Vol. 70(3). P. 209-216. DOI: 10.1590/S0103-90162013000300010.

10. Sulejmanov, A.O. Agrofizicheskaya ocenka erodirovannyh pochv yugo-vostochnoj chasti Malogo Kavkaza i puti ih regulirovaniya / A.O. Sulejmanov // Ekologiya i stroitel'stvo. 2021. № 1. S. 20-29. DOI 10.35688/2413-8452-2021-01-003. EDN HTMRPF.

11. CHikalova L.S. Eroziya pochvy kak faktor, okazyvayushchij vliyanie na urozhajnost' produkcii sel'skogo hozyajstva // Ekologiya i stroitel'stvo. 2023. № 3.

12. Mamedov M.I. Morfogeneticheskaya diagnostika pochv suhih subtropicheskih zon Azerbajdzhana i vliyanie vinogradnogo rasteniya na izmenenie parametrov plodorodiya // Ekologiya i stroitel'stvo. 2023. № 3. C. 4–12. doi: 10.35688/2413-8452-2023-03-001.

13. Kabachkova N.V. Poluchenie zaprogrammirovannyh urozhaev ozimoj pshenicy v usloviyah Moskovskoj oblasti / avtoref. diss. … kand. s.-h. nauk. M.: RGAZU, 2004. 20 s.

14. SHul'gin I. A., Vil'fand R. M., Strashnaya A. I., Bereza O. V. Solnechnaya radiaciya v ocenkah maksimal'noj urozhajnosti yarovyh kul'tur // Biosfera. 2015. T.7. №4. S. 371–383.

15. Gorbarenko E.V.; Bunina N.A. Monitoring fotosinteticheski aktivnoj radiacii v MO MGU // Agrometeorologiya XXI veka, chast' 4: mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. M., 2024. S. 100–108.

16. SHahmalieva S.M. Issledovanie vodoobespechennosti zasuhoustojchivyh sortov ozimoj myagkoj pshenicy v usloviyah Kura-Arazskoj nizmennosti Azerbajdzhana // Ekologiya i stroitel'stvo. 2024. № 3.

© Зверьков М.С., Мазурова И.С., 2024. Московский экономический журнал, 2024, № 12.