

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ УГОДИЙ СТЕПНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОН РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**Ю.А. Гулянов¹, Г.Ф. Ярцев², И.В. Васильев², Р.К. Байкаменов², Ю.Н. Бакаева²**¹Институт степи УрО РАН, Россия, Оренбург²Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, Оренбург

e-mail: orensteppe@mail.ru

В статье представлены данные, свидетельствующие о заметном снижении благоприятности климата для полеводства в степной и лесостепной зонах России за истекший тридцатилетний период (1990-2020 гг.). В лесостепной зоне Курганской области оно выразилось в снижении ГТК всех месяцев наиболее вероятного периода вегетации зерновых культур (май-август). В целом за тёплый период года, при средних значениях ГТК 0,97, характеризующих условия увлажнения как засушливые, уменьшение составило 0,32 или 33,0 %. В степной зоне Омской области наибольшее снижение ГТК – на 0,80 или 76,2 % отмечено в августе. В отдельные летние месяцы (май, июль) складывались более благоприятные условия, в основном за счёт отрицательного тренда термических ресурсов. Итоговая тенденция в изменении ГТК, при средних значениях 0,91 (засушливые условия увлажнения), так же как и в Курганской области, оказалась отрицательной, хотя и менее выраженной (на 0,02). Выявленная тенденция повышения засушливости климата отнесена к одному из основных факторов, усиливающих антропогенную деградацию почвы, увеличивающих пестроту растительного покрова, препятствующих стабильному производству растениеводческой продукции. В условиях прогрессирующего снижения качества земельных угодий и заметном повышении засушливости климата оперативное отслеживание и качественное технологическое нивелирование внутривидовой «пестроты» растительного покрова с использованием современных информационных технологий рассматривается в качестве одного из главных направлений стабилизации урожаев при рациональном расходовании природных ресурсов.

Ключевые слова: степная зона, антропогенная деградация почвы, гетерогенность растительного покрова, яровая пшеница, природные ресурсы.

Введение

В условиях повсеместной деградации почв, сопровождающейся гетерогенностью растительного покрова и формированием «пёстрых» и неоднородных по качеству урожаев, более полной реализации биоклиматического потенциала территории и генетических ресурсов полевых культур может способствовать выравнивание и повышение фотосинтетической производительности посевов на всех элементарных участках поля путём дифференциации норм технологического воздействия, в том числе в системах точного земледелия [1].

Как известно, для объективной оценки уровня развития агроценоза анализируются его фитометрические параметры (площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и др.), определение которых линейным или весовым методом требует больших затрат времени и сил, в ущерб оперативности [2]. Информационные ресурсы дистанционного зондирования земли из космоса (ДЗЗ), обретающие всё более широкие перспективы применения в сельскохозяйственном производстве, призваны значительно облегчить эту работу, повысить её точность и оперативность. Наиболее приемлемым в этом отношении считается

использование спутниковых снимков, приуроченных к наиболее ответственному за формирование урожая фазам развития сельскохозяйственных культур (или этапам органогенеза).

В качестве основных количественных признаков уровня развития агроценоза при агрономической интерпретации спутниковых снимков применяются различные индексы растительности, среди которых высокой достоверностью, простотой использования и доступностью у большинства поставщиков «космических» услуг характеризуется нормализованный разностный вегетационный индекс (далее NDVI) [3, 4], тесно коррелирующий с площадью ассимиляционной поверхности растений [2].

В этой связи научное обоснование инновационных методов оценки состояния земледельческих угодий степной и лесостепной зон России, как весомых поставщиков продовольственного растительного сырья на внутренний и внешний рынок, имеет высокую актуальность, а их результаты представляют несомненный практический интерес [5, 6].

Оперативное выявление наиболее неоднородных обрабатываемых угодий, истощённых длительной экспансией почвенного плодородия, можно использовать и при обосновании их вывода из сельскохозяйственного оборота и сосредоточения интенсивного земледелия на устойчивых высокоплодородных землях. Такой подход, особенно в наиболее выработанных степных регионах РФ, рассматривается в качестве перспективного направления воспроизводства почвенного плодородия и сохранения биологического разнообразия степных обитателей [7].

Основная цель исследований заключалась в актуализации представлений о пространственной неоднородности растительного покрова полевых агроценозов в условиях современных климатических и антропогенных изменений на примере Притобольской лесостепной (Шадринский район, Курганская область) и Среднеиртышской степной (Щербакульский район, Омская область) провинций.

Для достижения намеченных результатов были сформулированы следующие задачи:

- провести ретроспективный анализ метеорологических показателей истекшего тридцатилетнего периода (1990-2020 гг.), выявить направленность их изменений и динамику;
- оценить влияние климатических флуктуаций на качество обрабатываемых земельных угодий и деградацию почвенного покрова;
- актуализировать представление о пространственных различиях в состоянии растительного покрова, детализировать его «пестроту» (по космическим снимкам).

Материалы и методы

Оценку современных метеорологических условий периода вегетации полевых культур и их динамику проводили путём анализа показателей атмосферного увлажнения и термических ресурсов за 1990-2020 гг. [8]. NDVI определяли на базе общедоступных космических снимков Landsat 8 и Santienel, имеющих пространственное разрешение 15-30 м/пиксел, размещённых на on-line ресурсах OneSoil.ai и Santienel-hub.com. Полученные данные наносились на картографическую основу в программном комплексе Next GIS с последующей обработкой в Arc Map. Корреляционный и регрессионный анализ опытных данных проводили в Excel [9].

Результаты и обсуждение

В результате ретроспективного анализа метеорологических показателей за истекшие 30 лет выявлена их заметная динамика. В лесостепной зоне Курганской области (метеостанция Курган) она выразилась в отрицательном тренде атмосферных осадков, составившем за период наиболее вероятной вегетации зерновых культур (май-август) 67 мм или 33,2 % (от 202 мм). Повышение за этот же период суммы активных температур (выше

10 °С) на 80 °С (3,8 %) сопровождалось снижением ГТК на 0,32 или 33,0 %, при средних значениях 0,97, характеризующих условия увлажнения как засушливые. Наиболее существенное снижение ГТК отмечено в июне (на 0,48) и августе (на 0,35), когда при значительном уменьшении количества осадков на 27 мм (52,9 %) и 13 мм (25,5 %) возросли ещё и ресурсы тепла – на 27 °С (4,9 %) и 73 °С (13,5 %) соответственно. В степной зоне Омской области, при общей с лесостепной зоной Курганской области, направленности к уменьшению количества осадков периода наиболее вероятной вегетации зерновых культур (на 14 мм или 7,4 %), в отдельные месяцы тёплого периода и с целом за год наблюдалась положительная динамика, составившая 14 мм (51,8 %) в мае, 11 мм (17,4 %) в июле и 36 мм (10,4 %) в среднем за год. В мае, июне и июле, при указанной динамике выпадения атмосферных осадков и отрицательном тренде термических ресурсов (на 36, 18 и 19 °С), ГТК незначительно снизился (на 0,04) или даже заметно возрос – на 0,51 (май) и 0,22 (июль). Месяцем, определившим итоговую отрицательную тенденцию в изменении ГТК (на 0,02), так же как и в степной зоне Курганской области, стал август, когда при снижении количества осадков на 34 мм (65,4 %) и выросших на 64 °С ресурсах тепла (12,5 %) ГТК снизился на 0,80 или 76,2 % от среднего значения за тридцатилетний период, равного 0,91 (засушливые условия увлажнения).

Тенденция к повышению засушливости климата, отчётливо выраженная на протяжении всех тёплых месяцев в лесостепной зоне и отдельных месяцев (особенно августа) в степной зоне, становится одним из основных факторов, усиливающих антропогенную деградацию почвенного покрова, снижающих качество земельных угодий, препятствующих стабильному производству растениеводческой продукции.

Проведённые исследования позволили актуализировать представление о пространственных различиях в состоянии растительного покрова одновидовых агроценозов яровой пшеницы. Визуально различимая «пестрота» в плотности стеблестоя, мощности развития листового аппарата, высоте растений и интенсивности их окрашивания эмпирически обоснована и детализирована на основе интерпретации спутниковых снимков. Выявлена вариативность NDVI по внутрипольным элементарным участкам (пикселям), на сильно деградированных полях сохраняющаяся до конца вегетации (рис. 1).

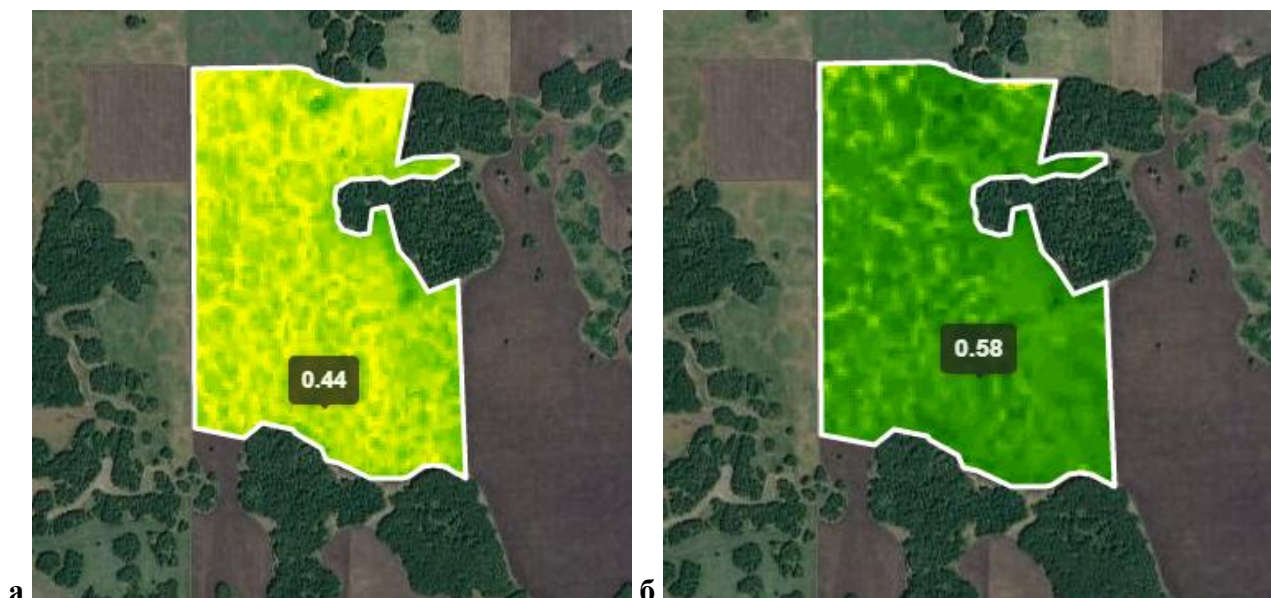


Рисунок 1 – Визуализация неоднородности растительного покрова агроценоза яровой пшеницы в степной зоне Омской области посредством пространственного распределения NDVI (а – фаза кущения, б – фаза колошения), июнь-август 2021 г.

В высокотехнологичных посевах, на участках с относительно выровненным почвенным плодородием и низкой пестротой растительного покрова, картина пространственного распределения NDVI представляется более яркой, однотонной, без «проплешин». На таких полях при реализации технологических приёмов в строгом соответствии с законами земледелия вполне реально получение урожая, приближенного к биоклиматическому потенциалу территории, выровненного по качеству и относительно стабильного даже при ощутимом варьировании метеорологических параметров (рис. 2).



Рисунок 2 – Высокотехнологичный агроценоз яровой пшеницы в ООО «Агроклевер» Шадринского района Курганской области, август 2020 г.

Относительно однородные по степени развития биологической массы агроценозы характеризуются меньшей пространственной вариативностью NDVI, более высокими его значениями на протяжении всей вегетации и более выраженной межфазной корреляцией (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка степени однородности растительного покрова по пространственному и временному распределению NDVI

Степень однородности растительного покрова	Фаза развития	NDVI			
		средние значения	max/min	коэффициент вариации, %	межфазная корреляция
Гетерогенный	кущение	0,44	0,58 / 0,30	13,4	0,76
	колошение	0,58	0,70 / 0,40	12,5	
Относительно однородный	кущение	0,64	0,70 / 0,58	5,0	0,82
	колошение	0,74	0,82 / 0,69	3,6	

В таких посевах коэффициент вариации NDVI по элементарным участкам поля в период максимального развития вегетативной массы (фаза колошения-цветения) не превышает 3-4 %, в отличие от гетерогенных посевов на деградированных почвах, где пестрота NDVI более выражена, с коэффициентом вариации, превышающим 12-13 %.

Выводы

На основании полученных результатов можно заключить, что в постцелинных регионах Урала и Западной Сибири в условиях прогрессирующей деградации почвенного

покрова, обостряющейся при заметном повышении засушливости климата и практикуемых почвозатратных подходах в земледелии, велика вероятность внутривидовой «пестроты» растительного покрова. Её оперативное отслеживание и качественное нивелирование дифференцированными приёмами технологического воздействия с использованием современных информационных технологий может рассматриваться в качестве одного из перспективных направлений стабилизации урожаев растительного сырья и обеспечения продовольственной безопасности населения при рациональном расходовании природных ресурсов.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках НИР ОФИЦ УрО РАН (ИС УрО РАН) «Проблемы степного природопользования в условиях современных вызовов: оптимизация взаимодействия природных и социально-экономических систем», № ГР АААА-А21-121011190016 -1.

Список литературы

1. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А., Чибилёв А.А (мл). Резервы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы и их зависимость от гетерогенности посевов в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1(54). С. 79-88. DOI: <https://10.18470/1992-1098-2020-1-79-88>.
2. Гулянов Ю.А. Мониторинг фитометрических параметров с использованием инновационных методов сканирования посевов // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 3(19). С. 64-76. DOI: <https://10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76>.
3. Hossian M. L., Li J. NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events // Global Ecology and Conservation. 2021. vol. 30. p. e01768. DOI: <https://10.1016/j.gecco.2021.e01768>.
4. Pang G., Wang X., Yang M. Using the NDVI to identify variations in, and responses of, vegetation to climate change on the Tibetan Plateau from 1982 to 2012 // Quaternary International. 2017. vol. 444. pp. 87-96. DOI: <https://10.1016/j.quaint.2016.08.038>.
5. Ярцев Г.Ф., Байкасенов Р.К., Пряхина Ю.Ю. Урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от некорневого внесения жидких удобрений и регулятора роста на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1(69). С. 31-33.
6. Васильев И.В., Дерябин С.Н., Бакаева Ю.Н. Приёмы основной обработки почвы под нут в степной зоне Южного Урала // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 2(58). С. 9-14. DOI: 10.31563/1684-7628-2021-58-2-9-14.
7. Гулянов Ю.А., Чибилёв А.А. Экологизация степных агротехнологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 5-11. DOI: <https://10.25750/1995-4301-2019-3-005-011>.
8. Погода и климат. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php> (дата обращения: 18.09.2021).
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 27.10.2021

Принята к публикации 17.12.2021

ASSESSMENT OF THE STATE OF AGRICULTURAL LANDS OF THE STEPPE AND FOREST-STEPPE ZONES OF RUSSIA USING MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES**Yu. Gulyanov¹, G. Yartsev², I. Vasiliev², R. Baykasenov², Yu. Bakaeva²**¹Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia, Orenburg²Orenburg State Agrarian University, Russia, Orenburg

e-mail: orensteppe@mail.ru

The article presents data indicating a visible decrease in the climate favorability for field breeding in the steppe and forest-steppe zones of Russia for the past thirty years (1990-2020). In the forest-steppe zone of the Kurgan region, it was expressed in a decrease in the HTC of all months of the most likely growing season of grain crops (May-August). On the whole, for the warm season of the year, the decrease was 0.32 or 33.0 %, under average values of HTC - 0.97, characterizing the conditions of humidification as arid. In the steppe zone of the Omsk region, the most decrease of HTC was noticed in August - by 0.80 or 76.2 %. The separate summer month (May, July) were characterized by more favorable conditions due to the negative trend of thermal resources. The total tendency of HTC change under the average values of 0.91 (the arid conditions) was negative as in the Kurgan region, even less expressed (at 0.02). The revealed tendency in the increase of the aridity is attributed to one of the main factors intensifying anthropogenic soil degradation, increasing the diversity of vegetation cover, and hindering the stable production of crop products. In the conditions of a progressive decline in the quality of lands and a noticeable increase in the aridity of the climate, operational monitoring and qualitative technological leveling of the intra-field "diversity" of vegetation cover using modern information technologies is considered as one of the main directions of crop stabilization with rational use of natural resources.

Key words: steppe zone, anthropogenic soil degradation, heterogeneity of vegetation cover, spring wheat, natural resources.

References

1. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A., Chibilev A.A (ml). Rezervy povysheniya urozhainosti i kachestva zerna ozimoi pshenitsy i ikh zavisimost' ot geterogenosti posevov v usloviyakh stepnoi zony Orenburgskogo Predural'ya. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2020. T. 15. N 1(54). S. 79-88. DOI: <https://10.18470/1992-1098-2020-1-79-88>.
2. Gulyanov Yu.A. Monitoring fitometricheskikh parametrov s ispol'zovaniem innovatsionnykh metodov skanirovaniya posevov. Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2019. N 3(19). S. 64-76. DOI: <https://10.33952/2542-0720-2019-3-19-64-76>.
3. Hossian M. L., Li J. NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events. Global Ecology and Conservation. 2021. vol. 30. p. e01768. DOI: <https://10.1016/j.gecco.2021.e01768>.
4. Pang G., Wang X., Yang M. Using the NDVI to identify variations in, and responses of, vegetation to climate change on the Tibetan Plateau from 1982 to 2012. Quaternary International. 2017. vol. 444. pp. 87-96. DOI: <https://10.1016/j.quaint.2016.08.038>.
5. Yartsev G.F., Baikasenov R.K., Pryakhina Yu.Yu. Urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot nekorneвого vneseniya zhidkikh udobrenii i regul'yatora rosta na yuzhnykh chernozemakh Orenburgskogo Predural'ya. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. N 1(69). S. 31-33.
6. Vasil'ev I.V., Deryabin S.N., Bakaeva Yu.N. Priemy osnovnoi obrabotki pochvy pod nut v stepnoi zone Yuzhnogo Urala. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. N 2(58). S. 9-14. DOI: [10.31563/1684-7628-2021-58-2-9-14](https://doi.org/10.31563/1684-7628-2021-58-2-9-14).

7. Gulyanov Yu.A., Chibilev A.A. Ekologizatsiya stepnykh agrotekhnologii v usloviyakh prirodnykh i antropogennykh izmenenii okruzhayushchei sredy. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2019. N 3. S. 5-11. DOI: <https://10.25750/1995-4301-2019-3-005-011>.

8. Pogoda i klimat. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php> (data obrashcheniya: 18.09.2021).

9. Dospekhov V.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.

Сведения об авторах:

Юрий Александрович Гулянов

Д.с.-х.н., профессор, в.н.с. отдела степеведения и природопользования, Институт степи ОФИЦ УрО РАН

ORCID 0000-0002-5883-349X

Yuriy Gulyanov

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Геннадий Фёдорович Ярцев

Д.с.-х.н., доцент, заведующий кафедрой агротехнологий, ботаники и селекции растений, Оренбургский государственный аграрный университет

Gennady Yartsev

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Technologies, Botany and Plant Breeding, Orenburg State Agrarian University

Игорь Владимирович Васильев

К.с.-х.н., доцент, заведующий кафедрой земледелия, почвоведения и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет

Igor Vasiliev

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University

Руслан Куандыкович Байкасенов

К.с.-х.н., доцент, доцент кафедры агротехнологий, ботаники и селекции растений, Оренбургский государственный аграрный университет

Ruslan Baykasenov

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Botany and Plant Breeding, Orenburg State Agrarian University

Юлия Николаевна Бакаева

К.с.-х.н., доцент, доцент кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии, Оренбургский государственный аграрный университет

Yulia Bakaeva

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry, Orenburg State Agrarian University

Для цитирования: Гулянов Ю.А., Ярцев Г.Ф., Васильев И.В., Байкасенов Р.К., Бакаева Ю.Н. Мониторинг состояния земледельческих угодий степной и лесостепной зон России с использованием современных информационных технологий // Вопросы степеведения. 2021. № 4. С. 75-81. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-4-75-81