

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.91:632.4:633.11:633.16

КАРТИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ФИТОПАТОГЕНОВ НА ПШЕНИЦЕ И ЯЧМЕНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ NEXTGIS

О. Ю. Кремнева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения, kremenoks@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0982-6821;
И. А. Костенко, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения igorkosten@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5144-1891;
А. А. Пачкин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения, capricorn-53@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8649-2418;
Р. Ю. Данилов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения, daniloff.roman2011@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-8454-0765;
А. В. Пономарев, кандидат технических наук, младший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга, приборного и технического обеспечения, artemponomarev1989@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;
Ю. С. Ким, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета зерновых культур к грибным болезням, kimiur@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6239-0855
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»,
350039, г. Краснодар, ул. ВНИИБЗР, 1*

Выполнены маршрутные обследования по оценке развития и распространения основных возбудителей пшеницы и ячменя в 57 районах Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области. Сбор, организация и анализ сведений о пораженности производственных и селекционных посевов данных культур основными патогенами осуществлен с использованием единой информационно-пространственной среды, разработанной российской компанией ООО «НекстГИС» (NextGIS). В ходе полевых обследований в программу внесены данные по устойчивости к возбудителям болезней желтой пятнистости листьев пшеницы, септориоза пшеницы, мучнистой росы на пшенице и ячмене, ржавчинных заболеваний на пшенице и ячмене, сетчатой пятнистости ячменя, темно-бурой пятнистости ячменя. Кроме того, путем заполнения карточки обследования были учтены дата и время проведения оценки, фаза развития культуры, сорт, осуществлена фотофиксация обследованных растений. В полевых условиях использовалось свободно распространяемое программное обеспечение NextGIS Mobile, установленное на мобильные цифровые устройства (смартфоны) под управлением операционной системы Android. По результатам проведенных полевых обследований с использованием полнофункциональной настольной геоинформационной системы NextGIS QGIS подготовлены тематические картографические материалы основных возбудителей пшеницы и ячменя в южном регионе России. Собранные таким образом многолетние данные фитосанитарных обследований позволят проводить временной анализ пространственного распространения патогенов на обследуемой территории. Данная информация может быть полезна как для специалистов в области защиты растений, сотрудников селекционных учреждений при создании устойчивых сортов к экономически значимым болезням зерновых колосовых культур, так и для широкого круга специалистов, занятых в растениеводстве, осуществляющих полевые обследования и учеты любых параметров состояния растений, вредных объектов и окружающей среды, а также потребителям такой информации.

Ключевые слова: ГИС, геоинформационные системы, фитосанитарный мониторинг, возбудители болезней, пшеница, ячмень, развитие, картирование.

Для цитирования: Кремнева О. Ю., Костенко И. А., Пачкин А. А., Данилов Р. Ю., Пономарев А. В., Ким Ю. С. Картирование распространения и развития фитопатогенов на пшенице и ячмене с использованием NextGIS // *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 3(69). С. 61–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-61-66



MAPPING OF THE DISTRIBUTION AND DEVELOPMENT OF PHYTOPATHOGENS IN WHEAT AND BARLEY BY THE NEXTGIS APPLICATION

O. Yu. Kremneva, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, mechanical and technical supply, kremenoks@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0982-6821;
I. A. Kostenko, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, mechanical and technical supply, igorkosten@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5144-1891;
A. A. Pachkin, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, mechanical and technical supply, capricorn-53@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-8649-2418;
R. Yu. Danilov, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, mechanical and technical supply, daniloff.roman2011@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-8454-0765;
A. V. Ponomarev, Candidate of Biological Sciences, junior researcher of the laboratory for phytosanitary monitoring, mechanical and technical supply, artemponomarev1989@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0514-5797;
Yu. S. Kim, junior researcher of the laboratory for grain crop immunity to fungal diseases, kimiur@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6239-0855
*All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants,
350039, Krasnodar, Str. VNIIBZR, 1*

There have been carried out the route surveys to assess the development and distribution of the main pathogens of wheat and barley in 57 districts of Krasnodar, Stavropol Territories and Rostov Region. The collection, organization and analysis of information on the damage degree of the production and breeding sowings of these grain crops by the main pathogens was conducted using

a single spatial information environment designed by the Russian company "NextGIS". During the field surveys, there have been included the data on the resistance to causative agents of yellow leaf spot of wheat, wheat Septoria leaf spot, powdery mildew on wheat and barley, rust diseases on wheat and barley, net spot of barley, and brown spot of barley into the program. In addition, while filling in the survey card, there were taken into account the date and time of the assessment, the phase of development of the grain crop, the variety; there was carried out a photographic fixation of the examined plants. In the field, there was used the freely distributed NextGIS Mobile software, installed on mobile digital devices (smartphones) running by the Android operating system. According to the results of field surveys using the NextGIS QGIS full-featured desktop geographic information system there were prepared thematic cartographic materials of the main wheat and barley pathogens in the southern region of Russia. The collected long-term data of phytosanitary surveys will allow conducting a temporary analysis of the spatial distribution of pathogens in the studied area. This information can be useful for specialists dealing with plant protection, for employees of breeding institutions who develop varieties resistant to economically significant diseases of grain crops. The data can be used also by a wide range of specialists engaged in plant breeding who conduct field surveys and account any parameters of plant conditions, harmful facilities and the environment, as well as by the consumers of such information.

Keywords: GIS, geo-information systems, phytosanitary monitoring, pathogens, wheat, barley, development, mapping.

Введение. Северо-Кавказский регион является основным производителем зерна в России. Пшеница и ячмень поражаются широким спектром вредоносных заболеваний, среди которых к наиболее экономически значимым относятся возбудители бурой и желтой ржавчин (*Puccinia triticina* Erikss., *Puccinia striiformis* West.), желтой пятнистости (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), септориоза (*Septoria spp.*), мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC.) Speer), карликовой ржавчины ячменя (*Puccinia hordei* G. H. Oth.), сетчатого гельминтоспориоза (*Pyrenophora teres* Drechsler), темно-бурой пятнистости ячменя (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) (Барсаева, 2019; Волкова и Астапчук, 2019; Kamelkhan et al., 2017). Указанные болезни являются высоко вредоносными и имеют широкое распространение в мире и в России, особенно в ее южном регионе (Санин и Назаров, 2010; Kokhmetova et al., 2017). Для успешной защиты от комплекса фитопатогенов с использованием устойчивых сортов, эффективных фунгицидов и средств биологической защиты важно знать уровень развития и распространения болезней. Эта информация также необходима при создании инфекционных фонов, селекции устойчивых сортов растений, установлении ареалов популяций, территориальном размещении источников и доноров устойчивости.

Активное развитие аграрного сектора в настоящее время требует внедрения современных технологий, которые позволяют накапливать и обрабатывать большие объемы различной информации, имеющей географическую привязку, необходимой для решения сельскохозяйственных задач. Для решения таких задач предназначены географические информационные системы (ГИС), которые являются инструментом для получения, обработки, анализа и отображения пространственных данных (Барсаева, 2019; Кадочников, 2019; Kamelkhan et al., 2017; Sharma et al., 2018).

В последние годы ГИС аграрного профиля динамично развиваются, их использование в значительной степени способствует повышению эффективности управления сельскохозяйственным производством. На рынке существует ряд различных программных платформ для мониторинга агротехнических операций: система управления сельхозпроизводством AgroNetwork Technology (ООО «АНТ», г. Краснодар), облачный онлайн-сервис «КосмосАгро» (ООО ИТЦ «СКАНЭКС», г. Москва), комплексная система помощи принятия решений «АгроТехнология 2.0» (ООО «ГЛО-НАСС софт», г. Краснодар); геоинформационный сервис для сельскохозяйственных предприятий по работе с готовыми электронными картами полей AgroVisio.ru (ООО «Центр Программ Систем», г. Белгород), решение для агробизнесов Hecterra (Gurtam, Минск), AstroDigital (США) (Кирилова и Чуба, 2018; Kamelkhan et al., 2017; Ovchinnikov et al., 2017; Sharma et al., 2018).

NextGIS – информационно-пространственная среда, разработанная отечественной компанией

ООО «НекстГИС», включает серверную (web), настольную (desktop) и мобильную (mobile) составные части с возможностью просмотра, изменения и внесения новых данных с настольного и мобильного приложения, в том числе в режиме реального времени.

Целью данных исследований являлась оценка возможности использования программного обеспечения NextGIS для сбора данных фитосанитарного мониторинга основных возбудителей болезней на озимой пшенице и ячмене с последующим составлением аналитических карт распространения и развития патогенов, а также попытка использовать современные геоинформационные технологии в целях цифровизации исследовательского процесса в целом.

Материалы и методы исследований. С 3 по 21 июня 2019 г. проведено маршрутное обследование посевов пшеницы в пяти агроклиматических зонах Северного Кавказа. Обследованы производственные посевы озимой пшеницы и ячменя в 57 административных районах Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области в рамках осуществления работы по проведению оценки устойчивости к возбудителям пиренфороза, септориоза, мучнистой росы, ржавчинных заболеваний, сетчатого гельминтоспориоза сортов озимой пшеницы селекции различных организаций (КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко, СНИИСХ, ДЗНИИСХ, Одесского селекционно-генетического института, Прикумской опытно-селекционной станции) на шести государственных сортоучастках (Северский, Лабинский, Ейский, Куцеский, Ачикулакский, Цимлянский), на двух опытных станциях (Кубанская опытная станция ВИР «Ботаника», Ленинградская опытная станция Краснодарского края) и ФГБУ «АНЦ «Донской», г. Зерноград Ростовской области. Оценку развития и распространения болезней осуществляли по международным и российским методикам (Волкова и др., 2016; Кирилова и Чуба, 2018).

Сбор данных по распространению и развитию болезней при проведении маршрутных обследований осуществляли с использованием программных платформ NextGIS (NextGIS Web – серверная ГИС для хранения, регулирования доступа к геоданным и сервисам посредством веб-интерфейса; NextGIS Mobile – мобильное приложение (Android) с неограниченными слоями данных, редактированием и настраиваемыми формами ввода; NextGIS QGIS – полнофункциональная настольная ГИС для создания данных, аналитики, создания карт), а также вспомогательного программного обеспечения (NextGIS FormBuilder – редактор форм для NextGIS Mobile).

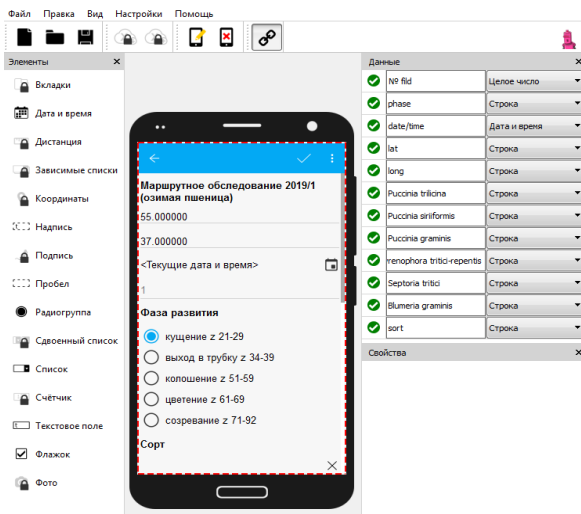
Результаты и их обсуждение. Сбор, организация и анализ сведений о пораженности производственных и селекционных посевов данных культур основными патогенами проведен в единой информационно-пространственной среде, разработанной отечественной компанией ООО «НекстГИС» (NextGIS). Данная система включает серверную (web), настольную (desktop) и мобильную (mobile) составные части

с возможностью просмотра, изменения и внесения новых данных с настольного и мобильного приложения, в том числе в режиме реального времени.

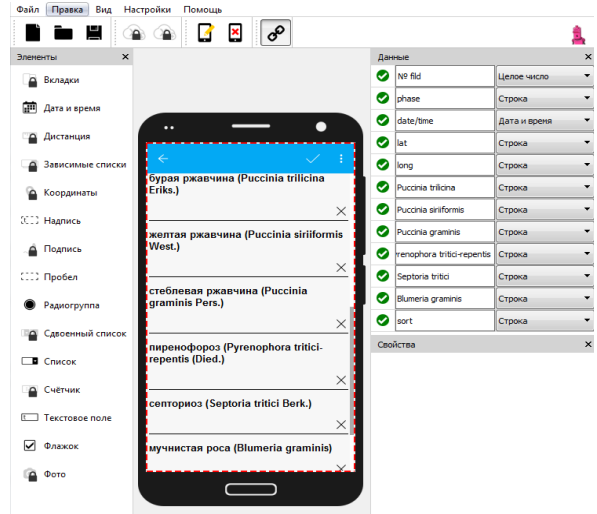
В полевых условиях использовали свободное распространяемое программное обеспечение NextGISMobile – мобильное приложение, позволяющее создавать неограниченные слои данных, редактировать и настраивать формы ввода, установленное на мобильных цифровые устройства (смартфоны) под управлением операционной системы Android. Предварительно в приложении NextGIS Formbuilder (редактор форм для NextGIS Mobile) были созданы формы в соответствии с потребностями планируемых обследований, содержащие следующие поля (рис. 1):

- наименование обследования;

- географические координаты места проведения обследования (долгота/широта, в десятичном формате – фиксируется автоматически);
- текущие дата и время (по Гринвичу – фиксируется автоматически);
- фаза развития культуры (для выбора из заданного перечня нужного значения используется инструмент «радиокнопка»);
- сорт (редактируемое текстовое поле);
- перечень патогенов, являющихся предметом обследования (каждому патогену соответствует редактируемое текстовое поле с возможностью указания только числовых значений);
- кнопка «фото» (позволяет сделать снимки с использованием камеры смартфона).



а)



б)

Рис. 1. Вид рабочей области приложения NextGIS Formbuilder при создании формы для обследования посевов озимой пшеницы: а) часть 1; б) часть 2

Fig. 1. View of the NextGIS Formbuilder application workspace when creating a form for studying winter wheat crops: а) part 1; б) part 2

– Использование такой формы позволяет заполнить карточку учета исчерпывающими сведениями в максимально короткое время с наименьшими затратами. После заполнения и завершения редактирования учетная карточка сохраняется в мобильном устройстве, а при наличии GSM-связи синхронизирует-

ся с базой пространственных данных, хранящейся на облачном сервисе nextgis.com и позволяющей управлять ими через веб-интерфейс. На рисунке 2 представлен скриншот экранной формы web-интерфейса приложения NextGIS Web с отображением мест проведения обследований посевов озимой пшеницы и ячменя.

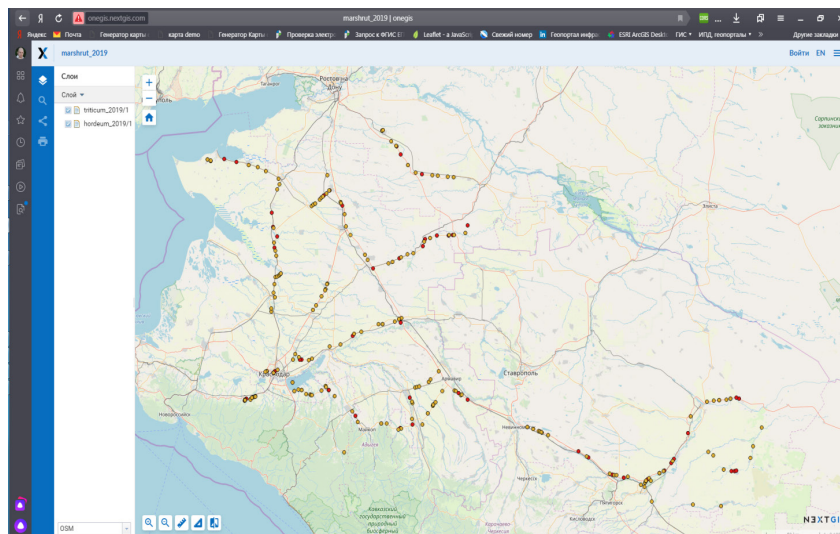


Рис. 2. Экранная форма web-интерфейса приложения NextGIS Web с отображением мест проведения обследований

Fig. 2. Screen form of the web-based interface of NextGIS Web application with display of the paces of study

Таким образом, доступ к результатам маршрутных обследований может быть получен в режиме реального времени при помощи стационарного или мобильного цифрового устройства в любом месте при наличии доступа к сети Интернет. Вся атрибутивная информация, содержащаяся в геоинформационном слое, отображается по клику на соответствующем пространственном объекте в мобильном, настольном или облачном приложении.

Так, по месту нахождения института в отношении обследуемых объектов (мест обследования) в ре-

жиме реального времени были получены сведения, собранные сотрудниками лаборатории при проведении маршрутных фитосанитарных обследований, путем заполнения вышеуказанной формы мобильного приложения NextGIS Mobile: дата и время обследования, фаза развития культуры, сорт, степень поражения патогенами. Также существует возможность просмотреть фотографический снимок, полученный при проведении обследования (при наличии). Пример отображения атрибутивной информации пространственного объекта представлен на рисунке 3.

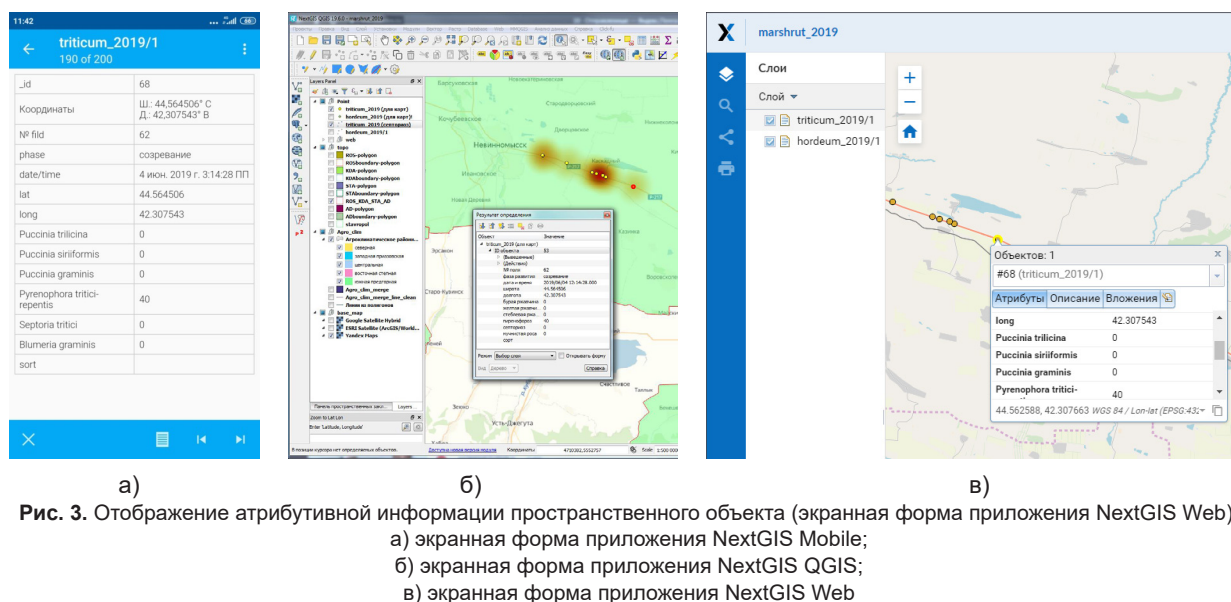


Fig. 3. Display of the attributive information of a spatial object (screen form of the NextGIS Web application):

- a) screen form of the NextGIS Mobile application;
b) screen form of the NextGIS QGIS application;
c) screen form of the NextGIS Web application

В результате проведенных фитосанитарных обследований все данные по развитию и распространению основных болезней на пшенице и ячмене были собраны в виде геоинформационных слоев отдельно по каждой культуре.

На промежуточных этапах проведения обследований с целью визуализации оперативных данных мониторинга, а также по окончании сбора сведений о фитосанитарном состоянии посевов на основе содержащихся в облачном сервисе данных проведен пространственный анализ и подготовлены тематические картографические материалы с использованием полнофункциональной настольной геоинформационной системы NextGIS QGIS.

В качестве примера на рисунке 4 отображена рабочая область приложения NextGIS QGIS при создании тематической карты распространения желтой пятнистости листьев (*P. tritici-repentis*) методом «тепловой карты» на территориях субъектов РФ (Краснодарский край, Ставропольский край и Ростовская область).

На данной карте выявленные очаги заражения посевов пиренофорозом обозначены красным цветом (развитие болезни превышало 20%). В качестве подложки использована картографическая основа OpenStreetMap. Дополнительно на карте отображены следующие тематические слои: места проведения фитосанитарных обследований, границы субъектов РФ.

Выводы. Применение геоинформационных технологий с использованием мобильных устройств позволяет проводить фитосанитарные обследования на значительно более высоком технологическом уровне по сравнению с традиционными методами, упрощает и сокращает затраты на обработку и анализ полученных сведений. Фактически электронная база фитосанитарных данных формируется во время проведения самих обследований.

При этом процесс создания тематических карт развития и распространения основных возбудителей пшеницы и ячменя (бурой, желтой, стеблевой ржавчин пшеницы, карликовой ржавчины ячменя, желтой пятнистости, септориоза, мучнистой росы, сетчатого гельминтоспориоза) в настольном приложении (NextGIS QGIS) не требует дополнительных усилий для предварительной подготовки исходных данных, так как все необходимые данные, уже собранные посредством мобильного приложения (NextGIS Mobile) при проведении обследований, могут быть импортированы напрямую из облачного хранилища (NextGIS Web).

Собранные таким образом многолетние данные фитосанитарных обследований позволят проводить временный анализ пространственного распространения патогенов на обследуемой территории.

Исследования выполнены согласно государственному заданию № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0012.

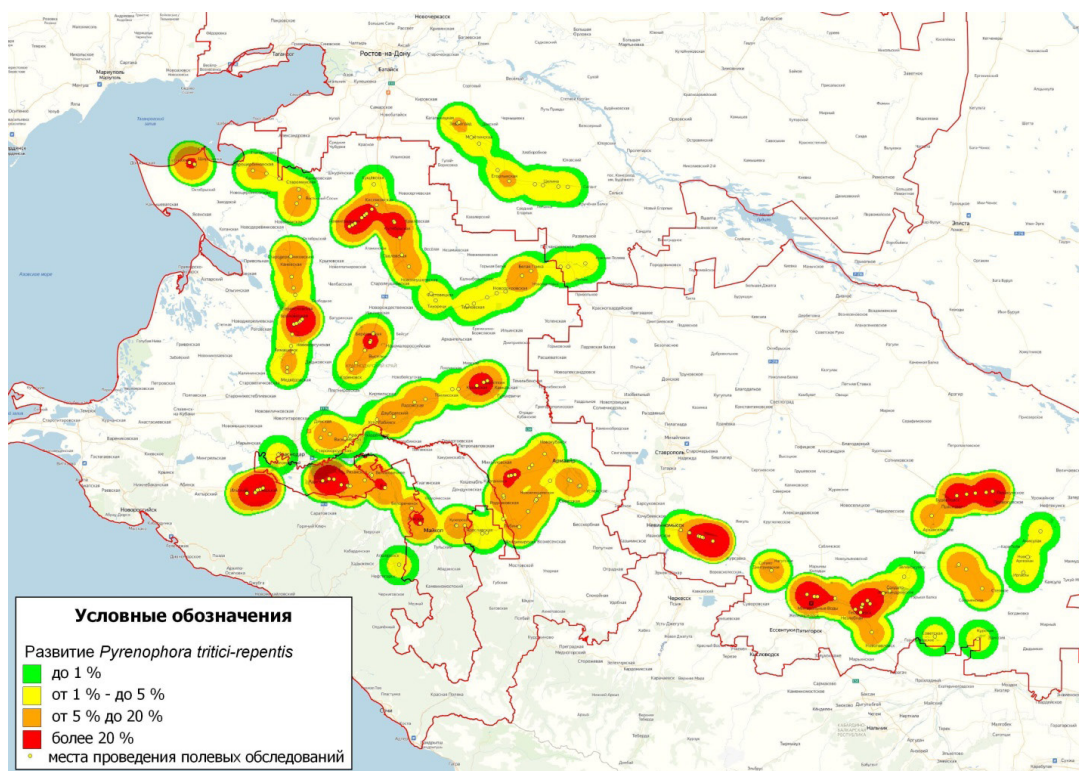


Рис. 4. Карта развития и распространения *P. tritici-repentis* в южном регионе России (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская область, 2019)

Fig. 4. The map of the development and distribution of *P. tritici-repentis* in the southern region of Russia (Krasnodar and Stavropol Territories, Rostov Region, 2019)

Библиографические ссылки

1. Барсаева Д. Х. Использование геоинформационных технологий в сельском хозяйстве // Роль инноваций в трансформации современной науки: сб. статей Всерос. науч.-практ. конференции. 2019. С. 88–92.
2. Волкова Г. В., Астапчук И. Л. Распространение *Pyrenophora teres* на посевах ячменя в Северо-Кавказском регионе // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-63-68.
3. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Шумилов Ю. В., Синяк Е. В., Ваганова О. Ф., Сегеда Е. С., Марченко Д. М., Самофалова Н. Е., Скрипка О. В., Дерова Т. Г. Характеристика сортов и линий озимой пшеницы селекции ВНИИЗК им. И. Г. Калининко по устойчивости к комплексу возбудителей экономически значимых болезней // Зерновое хозяйство России. 2016. № 1. С. 27–32.
4. Кадочников А. А. Разработка программно-технологической платформы для комплекса оперативной обработки спутниковых данных // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25, № 1. С. 388–397. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-388-397.
5. Кирилова О. В., Чуба А. Ю. Эффект использования спутниковых навигационных систем и ГИС-технологий в сельском хозяйстве // Сельский механизатор. 2018. № 12. С. 2–3.
6. Санин С. С., Назарова Л. Н. Фитосанитарная обстановка на посевах пшеницы в Российской Федерации (1991–2008 гг.) // Защита и карантин растений. Аналитический обзор. 2010. № 2. 20 с.
7. Kamelkhan G., Julamanov T. D., Abayeva K. T., Janteliyev D. T. Improving rational use of agricultural lands by applying technology of geographic informational systems of the enbekshikazakhstanskiy area of the almaty region (Kazakhstan). 2017. Vol. 38, no. 33. P. 34.
8. Kokhmetova A., Atishova M., Sapakhova Z., Kremneva O. Y., Volkova G. V. Evaluation of wheat cultivars growing in Kazakhstan and Russia for resistance to tan spot // Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 99, no. 1. Pp. 161–167. DOI: 10.4454/jpp.v99i1.3812.
9. Ovchinnikov A. S., Litvinov E. A., Fomin S. D., Vorob'eva O. M., Rulev A. S., Kochkar M. M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes // Journal of Forest Science. 2017. Vol. 63, no. 11. Pp. 485–489. DOI: 10.17221/71/2016-JFS.
10. Sharma R., Kamble S. S., Gunasekaran A. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: a literature review identifying the current trends and future perspectives // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 155. Pp. 103–120. DOI: 10.1016/j.compag.2018.10.001.

References

1. Barsaeva D. H. Ispol'zovanie geoinformatsionnykh tekhnologiy v sel'skom hozyajstve [The use of geo-information technologies in agriculture] // Rol' innovatsiy v transformatsii sovremennoy nauki: sb. statej Vseros. nauch.-prakt. konferentsii. 2019. S. 88–92.
2. Volkova G. V., Astapchuk I. L. Rasprostraneniye *Pyrenophora teres* na posevakh yachmenya v Severo-Kavkazskom regione [Distribution of *Pyrenophora teres* on barley crops in the North Caucasus region] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-63-68.

3. Volkova G. V., Kremneva O. Yu., Shumilov Yu. V., Sinyak E. V., Vaganova O. F., Segeda E. S., Marchenko D. M., Samofalova N. E., Skripka O. V., Derova T. G. Harakteristika sortov i linij ozimoy pshenicy selekcii VNIIZK im. I. G. Kalinenko po ustojchivosti k kompleksu vozbuditelej ekonomicheskij znachimyh boleznej [Characteristics of winter wheat varieties and lines developed in the ARRIGC named after I. G. Kalinenko on resistance to a complex of pathogens of economically significant diseases] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 1. S. 27–32.
4. Kadochnikov A. A. Razrabotka programmno-tehnologicheskoy platformy dlya kompleksa operativnoj obrabotki sputnikovyh dannyh [Development of a software platform for a complex of operational processing of satellite data] // *InterKarto. InterGIS*. 2019. T. 25, № 1. S. 388–397. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-388-397.
5. Kirilova O. V., Chuba A. Yu. Effekt ispol'zovaniya sputnikovyh navigacionnyh sistem i GIS-tehnologij v sel'skom hozyajstve [The effect of satellite navigation systems and GIS technologies' use in agriculture] // *Sel'skij mekhanizator*. 2018. № 12. S. 2–3.
6. Sanin S. S., Nazarova L. N. Fitosanitarnaya obstanovka na posevah pshenicy v Rossijskoj Federacii (1991–2008 gg.) [Phytosanitary situation on wheat sowings in the Russian Federation (1991–2008)] // *Zashchita i karantin rastenij. Analiticheskij obzor*. 2010. № 2. 20 s.
7. Kamelkhan G., Julamanov T. D., Abayeva K. T., Janteliyev D. T. Improving rational use of agricultural lands by applying technology of geographic informational systems of the enbekshikazakhskiy area of the almaty region (Kazakhstan). 2017. Vol. 38, no. 33. P. 34.
8. Kokhmetova A., Atishova M., Sapakhova Z., Kremneva O. Y., Volkova G. V. Evaluation of wheat cultivars growing in Kazakhstan and Russia for resistance to tan spot // *Journal of Plant Pathology*. 2017. Vol. 99, no. 1. Pp. 161–167. DOI: 10.4454/jpp.v99i1.3812.
9. Ovchinnikov A. S., Litvinov E. A., Fomin S. D., Vorob'eva O. M., Rulev A. S., Kochkar M. M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes // *Journal of Forest Science*. 2017. Vol. 63, no. 11. Pp. 485–489. DOI: 10.17221/71/2016-JFS.
10. Sharma R., Kamble S. S., Gunasekaran A. Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: a literature review identifying the current trends and future perspectives // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. Vol. 155. Pp. 103–120. DOI: 10.1016/j.compag.2018.10.001.

Поступила: 02.03.20; принята к публикации: 13.05.20.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кремнева О. Ю. – концептуализация исследования; Костенко И. А. – подготовка опыта; Данилов Р. Ю., Пачкин А. А., Пономарев А. В., Ким Ю. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Костенко И. А. – анализ данных и их интерпретация; Кремнева О. Ю. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.