

УДК 528.88

Д. Н. Якимович¹

С. В. Васюков²

В. В. Сироткин³

Применение методов дистанционного зондирования на территории Чувашской Республики для решения задач эффективного природопользования: обзор

¹ФГАОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», г. Чебоксары
e-mail: yakimovich11@yandex.ru

²Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии по Чувашской Республике, г. Чебоксары

e-mail: vasyukovsv@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

e-mail: sirotkin67@gmail.ru

Аннотация. В данной статье были рассмотрены вопросы применения методов дистанционного зондирования различными авторами на территории Чувашской Республики на основе статей из научных журналов и материалы конференций с 2010 по 2021 годы. С помощью использования данных методов различными исследователями было предложено решения следующих проблем: определение гидрофизических параметров почв, определение агрохимических показателей почв с целью определения уровня эродированности, уточнение площадей лесных гарей, уточнение площадей данных водохранилищ.

Ключевые слова: экология Чувашской Республики, дистанционное зондирование Земли, БПЛА космические снимки Земли, агрохимические показатели, гидрофизика почв, спектральная яркость почв, деградация земель.

Введение

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) позволяет нам получать информацию о поверхности Земли и объектах на ней бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследования на значительное расстояние. Дистанционное зондирование находит свое применение в таких областях как метеорология и климатология, картография, сельское хозяйство, гидрология [1]. Среди методов дистанционного зондирования выделяют 2 основных разновидности: космические методы и методы аэрофотосъёмки.

Методы дистанционного зондирования получили особое распространение в России в 1990-х гг. благодаря совершенствованию методов аэрокосмической съёмки, а также активному развитию компьютерных и ГИС-технологий [2].

В отрасли сельского хозяйства методы дистанционного зондирования также получают все большее распространение и могут применяться с целями: инвентаризации пахотных земель, контроля состояния посевов на полях, оптимизации управления сельским хозяйством и многих других [3]. Также методы дистанционного зондирования могут использоваться для мониторинга

земельных ресурсов (и в частности неиспользуемых сельскохозяйственных земель) и прогнозирования урожайности. На территории Чувашской Республики развитие методов ДЗЗ началось совсем недавно, но уже можно выделить ряд сформировавшихся направлений, которые будут рассмотрены в данном исследовании.

Цель исследования: проанализировать написанные статьи по применению методов дистанционного зондирования на территории Чувашской Республики. Задачи исследования: 1. Дать краткое описание существующих научных статей по исследуемой тематике и дифференцировать статьи по нескольким ключевым разделам; 2. Проанализировать полученные данные по ряду критериев (уровень статьи, территориальный охват, индексация журнала и др.); 3. Сделать выводы.

Определение гидрофизических показателей почв. В данной работе [4] были рассмотрены вопросы использования космических снимков высокого разрешения спутника Landsat для определения гидрофизических параметров почв. В следующих исследованиях авторы доказали принципиальную возможность использования данных дистанционного зондирования для косвенного определения гидрофизических показателей почв. В процессе обработки авторами были выполнены корреляционный и регрессионный анализы [5, 6].

Определение агрохимических показателей. Сироткин В.В. и Васюков С.В. в своих работах [7-12] выявили возможность использования наземной спектрофотометрической съемки для определения зависимости спектральной яркости волны и агрохимических показателей на территории Чувашии.

В работе [7] была проанализирована зависимость содержания гумуса и спектральной яркости волны, в последующем исследовании [8] была отмечена взаимосвязь спектрографической кривой и 4-ех агрохимических показателей: рН, гумуса, оксида фосфора, оксида калия. Также была изучена возможность применения ближнего инфракрасного и среднего инфракрасного диапазонов для определения почвенных параметров [9,10]. В результате исследования авторами были выделены 5 типов спектрографических кривых для различных разновидностей почв, 4 из них были выделены на территории Чувашской Республики. В результате исследования были найдены статистически значимые связи между группами агрохимических показателей и отдельных разновидностей почв на примере двух эталонных полигонов с разными типами почв (Комсомольский и Цивильский районы Чувашской Республики).

В исследовании [11] был использован беспилотный летательный аппарат (БПЛА) с камерами Tetracam Micro-MCA 4 и Tetracam ADC-micro со спектральным диапазоном от 400 до 1150 нм и спектрорадиометр HandHeld2 с аналогичным интервалом спектра – 325-1075 нм. В силу сопоставимости их спектрального диапазона, авторами предложено их парное использование, с целью дальнейшего перехода только на технологии роботизированных БПЛА.

В работе [12] была найдена статистически значимая связь между каналами спектрорадиометрической составляющей (найденны зависимости между показателями, полученными с Supercam-S350F) и наземного пробоотбора (данные, полученные с помощью ручных (полевых) приборов), а также построены карты отражающие содержание одного из агрохимических показателей и определенного спектрального канала для каждого из двух полигонов.

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения. В работе [13] было изучено изменение характера землеустройства на территории европейской

части России и выделены видимые изменения на территориях Костромской, Самарской, Чувашской Республик, Ставропольского края с помощью методов ДЗЗ. В процессе исследования также были определены возможности внедрения технологий точного земледелия на возделываемых склоновых землях для определения гидродинамических характеристик почвенно-растительного покрова. В работе [14] было определено, что необходимы данные измерений для оценки компонентов водного баланса обрабатываемых склоновых земель, данные измерений почвенно-растительного покрова и данные ДЗЗ. Для дистанционного мониторинга сельскохозяйственных земель автором были использованы многоспектральные спутниковые снимки, сделанные с помощью системы ДЗЗ, предлагаемая европейским космическим агентством, которая позволяет определить NDVI и конфигурацию земель. В последующем исследовании [15] автором была отмечена необходимость наличия данных ДЗЗ при определении гидродинамических характеристик склоновых поверхностей. В работе [16] была произведена оценка состояния плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий и данных ДЗЗ. Для определения показателя продуктивности почвы авторами были проанализированы вегетативные индексы и карты продуктивности поля.

Оценка лесных гарей: В работе [17] была предложена оценка лесных гарей с помощью спутниковых снимков Landsat, использован разностный индекс гарей с помощью ГИС-систем с получением тематических карт, а также отмечено использование радиометра MODIS для обследования гарей. Также предлагалось использование нормализованного индекса гарей. В работе [18] было предложено использование индекса средневзвешенной категории (СВІ) для изучения состояния древостоев.

Гидрология водохранилищ: В работе [19] было проанализировано изменение растительного покрова при подъёме уровня воды в Чебоксарском водохранилище, в исследовании [20] было произведено уточнение площадей Горьковского и Чебоксарского водохранилищ с помощью аналогичных методов.

Материалы и методы

Для проведения данного исследования на начальном этапе был произведен поиск научных статей с помощью поисковых систем по научным публикациям: Google Scholar (для поиска зарубежных источников) и Elibrary (для поиска российских источников).

Далее был использован метод качественного анализа данных с последующим сведением их в единую таблицу. После построения таблицы был проведен более углубленный анализ с построением диаграмм и карты, в процессе которого были применены статистический и картографический методы по различным критериям применения методов дистанционного зондирования в Чувашской Республике.

Результаты и обсуждение

Авторами были проанализированы следующие категории: проведенные исследования на территории Чувашии по направлению ДЗЗ, количество написанных статей за исследуемый период (рис.1.), динамика написанных статей

(рис.2, рис.3), охват исследуемой территории (рис.4, рис.5.), индексация написанных статей в различных научных журналах (рис.6.). Часть вышеуказанной информации во всех источниках представлена в сводной таблице с указанием информации о полигонах проведенных исследованиях (табл.1).

Таблица 1

Выпущенные статьи по проведенным исследованиям в сфере дистанционного зондирования в Чувашии

№	Авторы	Место исследований	Категория статьи	Индексация статьи (Scopus или ВАК)	Охват
1	Васюков П.В. и др., 2010 []	Полигон «Шомиковский», полигон учхоза «Приволжский», противоэрозионный полигон колхоза «Ленинская искра», экспериментальный полигон «Луцкое»	Гидрофизика	ВАК	1
2	Васюков П. В. и др. 2012	Алатырский район село Явлеи	Гидрофизика	ВАК	Несколько регионов
3	Vasyukov P. V et al 2014	Алатырский район село Явлеи	Гидрофизика	Scopus	Несколько регионов
4	Sirotkin V. et al 2016	Цивильский и Комсомольский районы	Агрохимия	Scopus	1
5	Vasyukov S. V et al. 2020	Цивильский и Комсомольский районы	Агрохимия	Scopus	1
6	Sirotkin V.V. et al 2018	Цивильский и Комсомольский районы	Агрохимия	Scopus	1
7	Сироткин В.В. и др. 2020	Цивильский и Комсомольский районы	Агрохимия	ВАК	1
8	Sirotkin V., et al 2019	Цивильский и Комсомольский районы	Гидрофизика и агрохимия	Scopus	1
9	Vasyukov S.V. et al 2021	Цивильский и Комсомольский районы	Агрохимия	Scopus	1
10	Никонова И. В. и др. 2021	Чуть ниже пос. Кугеси	Мониторинг	ВАК	1
11	Vasilyev, S.A (2018).	СХПК «Труд» Батыревского района, меххозяйственная оросительная система «Дружба» Канашского района, СПК «Оринино» Моргаушского района	Мониторинг	Scopus	1
12	Vasiliev, S. A. 2020	Моргаушский район	Мониторинг	Другие базы	1
13	Курбанов Э. А. и др. 2013	Территория Чебоксарского, Кирского, Ибресинского и Алатырского лесничеств Республики Чувашия	Гари	ВАК	2
14	Воробьев О.Н. и др	Территория Ибресинского, Чебоксарского, Алатырского и	Гари	Scopus	2

	2014	Кирского лесничеств РЧ			
15	Воробьев О.Н. и др 2021	Территория Чебоксарского водохранилища	Вдхр	Scopus	2
16	Минина Л.М. и др 2021	Территория Чебоксарского водохранилища	Вдхр	ВАК	2
17	De Beurs et al (2017)	Чувашская Республика	Монито ринг	Scopus	Более 2

Составлено авторами



Рис. 1. Категории проведенных исследований на территории Чувашии по направлению ДЗЗ

Составлено авторами



Рис. 2. Количество написанных статей за исследуемый период

Составлено авторами



Рис. 3. Динамика изменения направлений написания научных статей
Составлено авторами

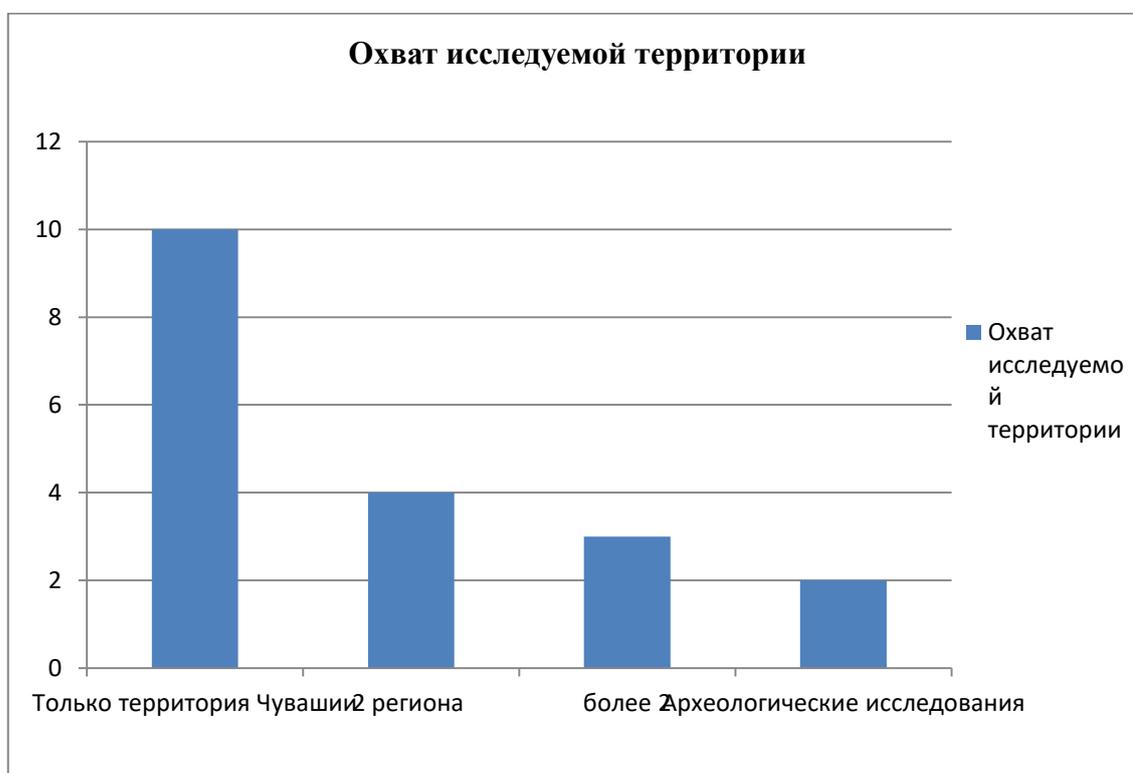


Рис. 4. Охват исследуемой территории в научных статьях по направлению ДЗЗ
Составлено авторами

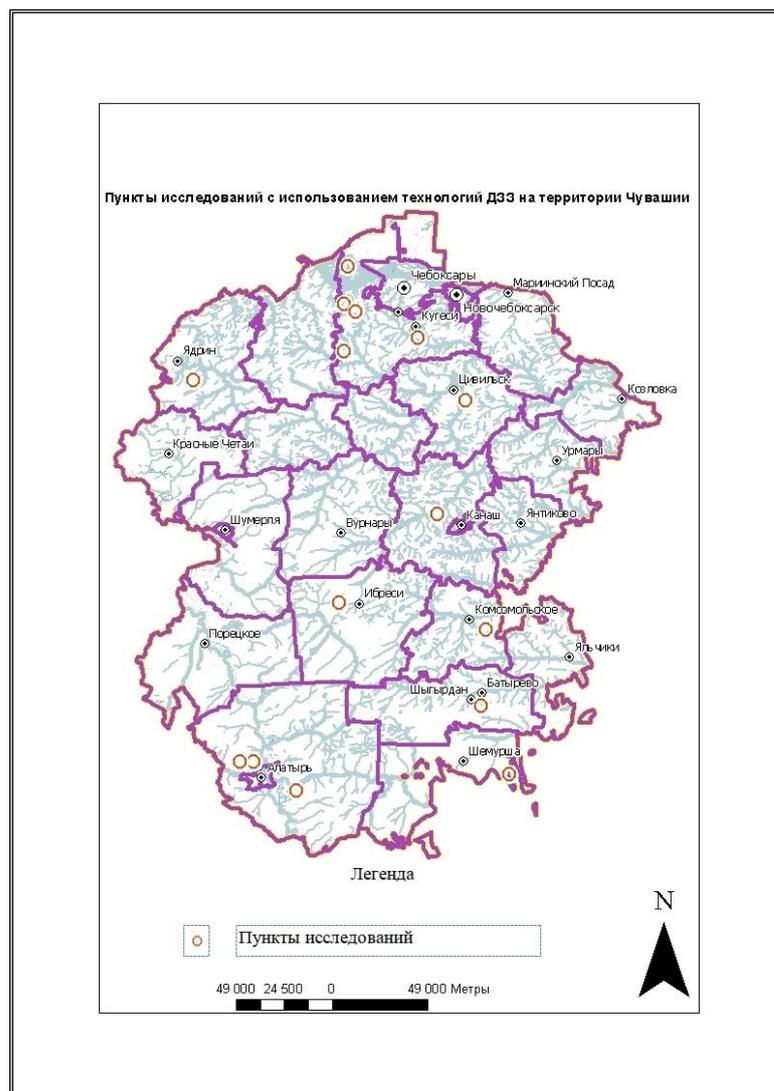


Рис. 5. Пункты исследований с использованием технологии ДЗЗ на территории Чувашской Республики
Составлено авторами

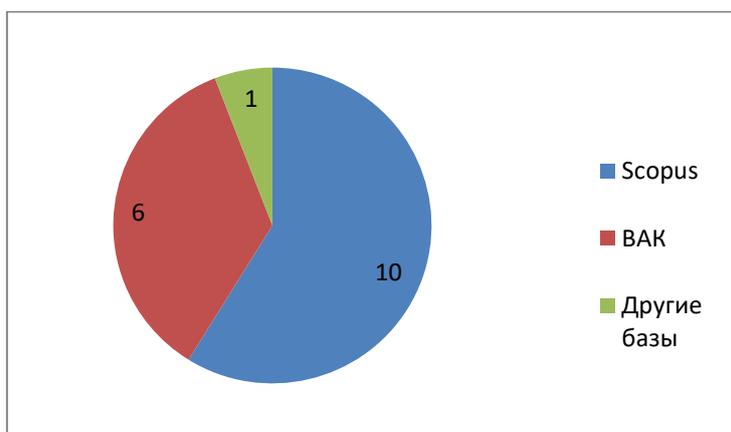


Рис. 6. Индексация рассмотренных научных статей в базах Scopus и ВАК
Составлено авторами

Проанализировав научные направления статей, мы можем отметить, что большая часть статей (5) была написана по определению агрохимических показателей и выявлению по ним уровня деградации земель, 4 статьи были написаны из категории «мониторинг сельскохозяйственных земель», определение гидрофизических показателей, по 2 статьи входят в категории – оценка лесных гарей и исследования территории водохранилищ.

Наибольшее число статей было написано в 2021 году (4), по 2 статьи было написано в 2014, 2018, 2019, 2020 годах.

Большая часть статей включает анализ только территорию Чувашии (10), 4 статьи охватили также и территорию другого региона (Горьковское водохранилище, а также территория Чебоксарского водохранилища на территории Марий Эл, оценка пожаров на территории Марий Эл), 3 статьи охватывают территории нескольких регионов.

Большая часть исследований на территории Чувашии проводились на полигонах Цивильского и Комсомольского районов, другие исследования проводились на территориях Моргаушского, Алатырского, Ядринского, Чебоксарского, Батыревского, Канашского, Ибресинского, водосбор Чебоксарского водохранилища.

Можно отметить следующую динамику написания научных статей, начиная с 2010 года: «гидрофизика» (2010-2014), «лесные гары» (2013-2014), «водохранилища» (2021). Категории «агрохимия» и «мониторинг земель» имеет самый большой охват (с 2016 по 2021 годы).

Среди используемых приборов были использованы: спектрорадиометр, БПЛА, профилограф, спутники для выполнения космической съёмки, приборы аэрофотосъёмки и другие приборы в сочетании с ГИС-технологиями.

Выводы

На основании проделанного анализа можно сделать вывод, что, начиная с 2010 года, отмечается устойчивый рост данных исследований за последние 11 лет на территории Чувашской Республики. Для дальнейшего развития данного направления нужно:

1. Увеличивать охват районов (так как на большей части районов Чувашской Республики подобные исследования еще не проводились);

2. Организовывать внедрения новых разновидностей исследований, увеличивать их количество, развивать данные направления в учебных заведениях и научных центрах Республики;

3. Привлекать новых ученых, а также увеличивать оснащение приборной базой.

Методы дистанционного зондирования стали использоваться на территории Чувашии совсем недавно, но они уже получили распространение в различных отраслях, определился ряд задач и их решение, выполнен ряд публикаций в ведущих российских и зарубежных изданиях. При решении вышеуказанных проблем есть перспективы на успешное развитие данной отрасли на территории Чувашской Республики в будущем.

Литература

1. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование земли. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. 165 с.
2. Горайнов М. С. История развития дистанционного зондирования как основного компонента географических информационных систем: автореф. дис. канд. геогр. наук. М., 2006.
3. Мещанинова Е. Г., Степкин Ю. А. Применение данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве // Экономика и экология территориальных образований. 2020. №4. С.72-77.
4. Васюков П. В., Васюков С. В., Сироткин В. В. Дистанционное определение гидрофизических параметров почв на основе использования снимков высокого разрешения "Landsat" // Известия Смоленского государственного университета. 2010. № 4 (12). С. 46-51.
5. Васюков П. В., Васюков С. В., Сироткин В. В. Использование данных дистанционного зондирования для определения гидрофизических параметров почв Востока и Юга Европейской России // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2012. № 2. С. 94-103.
6. Vasyukov P. V., Vasyukov S. V., Sirotkin V. V. Use of the data of remote sensing for definition of hydrophysical parameters of soils of the East and the South of the European Russia // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2014. №8(9). P. 27-35.
7. Sirotkin V., Vasyukov S., Usmanov B. Spectrographic characteristics of Chuvash Republic zonal soils with different erosion degrees // Water resources, forest, marine and ocean ecosystems conference proceedings. SGEM 2016. Book 3 Vol II. P.357-362.
8. Sirotkin V. V., Vasyukov S. V., Usmanov B. M. Spectroscopic methods for determining of zonal soils erosion (Chuvash Republic, Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol.107 Is.1. P.012024.
9. Vasyukov S. V., Sirotkin V. V., Usmanov B. M. Spectrometric characteristics of soils of the subboreal zone of the eastern part of the Russian plain // Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020,26 August 2020). P.1152406.
10. Сироткин В. В., Васюков С. В., Усманов Б. М. Изучение почвенных параметров на основе полевых спектрометрических данных. // Вестник удмуртского университета. Серия биология. Науки о земле. 2020. Т. 30, вып. 1. С. 71-82.
11. Sirotkin V., Vasyukov S., Usmanov B. Evaluation of soil erosion in the forest-steppe zone of eastern european Russia by hydrophysical and spectroradiometric indicators // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM 2019. Vol.19. Is.3.2. P.179-186.
12. Vasyukov S. V., Sirotkin V. V., Usmanov B. M., Toguzov S. A., Iakimovich D. N., Akhmetsianova L.G. Application of UAV and spectrometric survey results to determine agrochemical parameters of zonal soils used in agriculture (East of European Russia) // Proc. SPIE 11856, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology. 12 September 2021. XXIII. 118560Z.
13. Beurs K. M., Ioffe, G., Nefedova T. G., & Henebry G. M. Land Change in European Russia: 1982–2011. Springer. 2017. pp.223-241.

14. Vasilyev S. A. Features of Implementation of Precision Agriculture Technologies on Cultivated Slope Lands // International scientific and practical conference "AgroSMART - Smart solutions for agriculture (AgroSMART 2018), Advances in Engineering Research. 2018. Vol.151.P.841-844
15. Vasiliev S. A. Simulation of agricultural landscape catenas based on the analysis of hydrodynamic characteristics of the underlying surfaces of slope lands // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 November 2019, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2020. P. 62012.
16. Никонорова И. В., Гуменюк А. Е., Пивоваров И. А. Оценка состояния плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 173-178.
17. Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Лежнин С. А. Оценка лесных гарей Чувашии методами дистанционного зондирования // Вестник ИРГСХА. 2013. № 54. С. 80-87.
18. Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Лежнин С. А. Методика выявления степени повреждения древостоев после пожаров 2010 года в Среднем Поволжье // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 4. С. 217-229.
19. Воробьев О. Н., Курбанов Э. А. Оценка затопления растительного покрова в республиках Марий Эл и Чувашия при подъеме Чебоксарского водохранилища до отметки 68 м по данным ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 214-225.
20. Минина Л. М., Минин А. Е. Уточнение площадей Горьковского и Чебоксарского водохранилищ на основе данных дистанционного зондирования земли // Известия КГТУ. 2021. №60. С.44-54.

**D. N. Yakimovich¹,
S. V. Vasyukov²,
V. V. Sirotkin³**

Application of remote sensing methods on the territory of the Chuvash Republic to solve the problems of effective nature management: overview

¹ Chuvash State Agrarian University, Chuvash Republic, Cheboksary
e-mail: yakimovich11@yandex.ru

² Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Chuvash Republic, Cheboksary
e-mail: vasyukovsv@gmail.com

³ Kazan (Volga) Federal University, Kazan
e-mail: sirotkin67@gmail.ru

Abstract. *This article examined the use of remote sensing methods by various authors on the territory of the Chuvash Republic on the basis of articles from scientific journals and conference materials from 2010 to 2021. Using these methods, various researchers have proposed solutions to the following problems: determining the hydrophysical parameters of soils, determining the agrochemical indicators of soils in*

order to determine the level of erodification, clarifying the areas of forest hares, and clarifying the areas of these reservoirs.

Key words: ecology of Chuvash Republic, remote sensing of the Earth, UAV space images of the Earth, agrochemical indicators, soil hydrophysics, spectral brightness of soils, land degradation.

References

1. Sutyryna E. N. Distancionnoe zondirovanie zemli. Irkutsk : Izd-vo IGU, 2013. 165 s. (in Russian.)
2. Goryajnov M. S. Istoriya razvitiya distancionnogo zondirovaniya kak osnovnogo komponenta geograficheskikh informacionnyh sistem: avtoref. dis. kand. geogr. nauk. M., 2006(in Russian.)
3. Meshchaninova E. G., Stepkin YU. A. Primenenie dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve // Ekonomika i ekologiya territorial'nyh obrazovaniy. 2020. №4. S.72-77. (in Russian.)
4. Vasyukov P. V., Vasyukov S. V., Sirotkin V. V. Distancionnoe opredelenie gidrofizicheskikh parametrov pochv na osnove ispol'zovaniya snimkov vysokogo razresheniya "Landsat" // Izvestiya Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. № 4 (12). S. 46-51. (in Russian.)
5. Vasyukov P. V., Vasyukov S. V., Sirotkin V. V. Ispol'zovanie dannyh distancionnogo zondirovaniya dlya opredeleniya gidrofizicheskikh parametrov pochv Vostoka i YUga Evropejskoj Rossii // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle. 2012. № 2. S. 94-103. (in Russian.)
6. Vasyukov P. V., Vasyukov S. V., Sirotkin V. V. Use of the data of remote sensing for definition of hydrophysical parameters of soils of the East and the South of the European Russia // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2014. №8(9). R. 27-35. (in English.)
7. Sirotkin V., Vasyukov S., Usmanov B. Spectrographic characteristics of Chuvash Republic zonal soils with different erosion degrees // Water resources, forest, marine and ocean ecosystems conference proceedings. SGEM 2016. Book 3 Vol II. P.357-362. (in English.)
8. Sirotkin V. V., Vasyukov S. V., Usmanov B. M. Spectroscopic methods for determining of zonal soils erosion (Chuvash Republic, Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol.107 Is.1. P.012024. (in English.)
9. Vasyukov S. V., Sirotkin V. V., Usmanov B. M. Spectrometric characteristics of soils of the subboreal zone of the eastern part of the Russian plain // Proc. SPIE 11524, Eighth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2020,26 August 2020). R.1152406. (in English.)
10. Sirotkin V. V., Vasyukov S. V., Usmanov B. M. Izuchenie pochvennyh parametrov na osnove polevyh spektrometricheskikh dannyh. // Vestnik udmurtskogo universiteta. Seriya biologiya. Nauki o zemle. 2020. T. 30, vyp. 1. S. 71-82. (in Russian.)
11. Sirotkin V., Vasyukov S., Usmanov B. Evaluation of soil erosion in the forest-steppe zone of eastern european Russia by hydrophysical and spectroradiometric indicators//International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. SGEM 2019. Vol.19. Is.3.2. P.179-186.

- (in English.)
12. Vasyukov S. V., Sirotkin V. V., Usmanov B. M., Toguzov S. A., Iakimovich D. N., Akhmetsianova L. G. Application of UAV and spectrometric survey results to determine agrochemical parameters of zonal soils used in agriculture (East of European Russia) // Proc. SPIE 11856, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology. 12 September 2021. XXIII. 118560Z. (in English.)
 13. Beurs K. M., Ioffe, G., Nefedova T. G., & Henebry, G.M. (2017). Land Change in European Russia: 1982–2011. Springer. 2017. pp.223-241. (in English.)
 14. Vasilyev S. A. Features of Implementation of Precision Agriculture Technologies on Cultivated Slope Lands// International scientific and practical conference "AgroSMART - Smart solutions for agriculture (AgroSMART 2018), Advances in Engineering Research. 2018. Vol.151.P.841-844(in English.)
 15. Vasiliev S. A. Simulation of agricultural landscape catenas based on the analysis of hydrodynamic characteristics of the underlying surfaces of slope lands // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : conference proceedings, Krasnoyarsk, Russia, 13–14 November 2019, Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. 2020. P. 62012. (in English.)
 16. Nikonorova I. V., Gumenyuk A E., Pivovarov I. A. Ocenka sostoyaniya plodorodiya pochv sel'skohozyajstvennyh ugodij s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2021. № 12. S. 173-178. (in Russian)
 17. Kurbanov E. A., Vorob'ev O. N., Lezhnin S. A. Ocenka lesnyh garej CHuvashii metodami distancionnogo zondirovaniya // Vestnik IrGSKHA. 2013. № 54. S. 80-87. (in Russian)
 18. Vorob'ev O. N., Kurbanov E. A., Lezhnin S. A. Metodika vyyavleniya stepeni povrezhdeniya drevostoev posle pozharov 2010 goda v Srednem Povolzh'e // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2014. T. 11. № 4. S. 217-229. (in Russian)
 19. Vorob'ev O. N., Kurbanov E. A. Ocenka zatopleniya rastitel'nogo pokrova v respublikah Marij El i CHuvashiya pri pod"yome CHEboksarskogo vodohranilishcha do otmetki 68 m po dannym DZZ // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2021. T. 18. № 3. S. 214-225. (in Russian)
 20. Minina L. M., Minin A. E Utochnenie ploshchadej Gor'kovskogo i CHEboksarskogo vodohranilishch na osnove dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli // Izvestiya KGTU. 2021. №60. S.44-54. (in Russian)

Поступила в редакцию 10.01.2023 г.