

УДК 004:631

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-165-177

Применение цифровых технологий при проведении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения

Е. Л. Уварова¹✉

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Российская Федерация

e-mail: katrinka-66@mail.ru

Аннотация. Интенсификация выявления в рамках государственного мониторинга земель подвергшихся деградации сельскохозяйственных угодий способствует формированию актуальной информационной базы. Такая база в свою очередь представляет собой первый шаг на пути решения стратегической задачи РФ – вовлечение неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в оборот. Цель исследования – разработать алгоритм сопровождения проведения мероприятий по мониторингу земель с помощью QGIS для уточнения неиспользуемых площадей сельскохозяйственных угодий. Усовершенствование мониторинга земель сельскохозяйственного назначения с помощью внедрения цифровых технологий при его проведении способно значительно сократить временные затраты. Разработанный автором алгоритм проведения мониторинга земель с помощью ГИС затрагивает все его составляющие: наблюдение, оценку и прогнозирование. Предлагаемая в рамках оценки двухэтапная классификация сельскохозяйственных угодий учитывает как степень зарастания, так и вид древесно-кустарниковой растительности, что в дальнейшем позволит не только рассчитать материальные затраты на вовлечение угодий в хозяйственный оборот, но и наметить комплекс культур-технических мероприятий по восстановлению сельскохозяйственных угодий. Представленная автором техника выполнения прогнозирования степени зарастания сельскохозяйственных угодий основана на встроенных функциях Qgis (свободная географическая информационная система с открытым кодом), что делает ее доступной для использования. В общем виде алгоритм прогнозирования представляет собой экстраполяцию графическим способом. Апробация исследования произведена по материалам Лужского района Ленинградской области.

Ключевые слова: мониторинг земель, зарастание, древесно-кустарниковая растительность, прогнозирование, геоинформационные системы

Для цитирования:

Уварова Е. Л. Применение цифровых технологий при проведении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 6. – С. 165–177. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-165-177

Введение

Вовлечение земель сельскохозяйственного назначения в оборот является одной из приоритетных задач Российской Федерации [1]. Одним из мероприятий, способствующих реализации данной задачи, является проведение государственного мониторинга

земель, призванного выявить деградацию сельскохозяйственных угодий, оценить ее и спрогнозировать темпы ее развития [2]. Современные мониторинговые исследования носят фрагментарный характер и зачастую используют цифровые технологии только на стадии сбора и накопления информации.

В настоящее время широкое распространение получили научные и практические работы в области мониторинга земель, связанные с организацией системы наблюдений, выявлением процессов деградации и определением уровня их развития. Однако государственный мониторинг земель не только направлен на обеспечение органов государственной и муниципальной власти, а также граждан и юридических лиц качественной информацией о состоянии и использовании земельных ресурсов, но и должен способствовать выработке предложений по устранению и предотвращению деградации земли. Особую актуальность данный вопрос приобретает для земель сельскохозяйственного назначения. Сельское хозяйство, являющееся гарантом продовольственной безопасности страны, использует земельные ресурсы не только как пространственный базис, но и как предмет труда и средство производства. Исходя из этого достоверная и своевременная информация (о современном состоянии земель, их использовании, развивающихся на них процессах деградации и прогнозирование предполагаемых последствий при сохранении негативных тенденций) способна существенно повлиять на развитие аграрного производства и его интенсивность.

Цель исследования – разработать алгоритм сопровождения проведения мероприятий по мониторингу земель с помощью QGIS для уточнения неиспользуемых площадей сельскохозяйственных угодий.

Исследованию вопросов мониторинга земель посвящены работы многих отечественных ученых, таких как И. А. Басова, В. В. Беленко, А. А. Варламов, А. П. Карпик, А. А. Мурашева, А. П. Сизов, Л. К. Трубина, Е. Г. Черных, Д. А. Шаповалов и др.

Применение спутниковых снимков и ГИС для целей мониторинга сельскохозяйственных земель изучается в работах Н. И. Кресниковой, В. А. Малинникова, А. А. Маслова, В. А. Мелких, О. М. Молчанова, О. В. Тараканова, Н. Н. Солодкова и т. д.

Теоретические основы прогнозирования природно-антропогенных процессов, таких как зарастание сельскохозяйственных зе-

мель исследовали В. Г. Брыжко, С. Н. Волков, В. П. Савиных, Е. Г. Черкашина и др.

Ряд зарубежных авторов из Китая [3], Германии [4–6], Польши [7], Испании [8] проводит исследования в области экологического мониторинга и его цифровизации.

Материалы и методы

В работе использованы методы анализа, синтеза и обобщения. При выполнении практической части использовались архивные топографические карты бывших сельскохозяйственных организаций Лужского района Ленинградской области. Для обработки и анализа данных использовался такой программный продукт, как QGIS. Площади неиспользуемых земель получены картометрическим способом.

Согласно ст. 67 п. 1 Земельного кодекса РФ государственный мониторинг земель является составной частью государственного мониторинга окружающей среды. На законодательном уровне в зависимости от целей различают мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель. Основная задача первого – проследить использование земель в соответствии с их целевым назначением. Второй вид мониторинга направлен на учет качественных и количественных характеристик, которые отражают состояние земель, то есть их пригодность для хозяйственного оборота и влияние в целом на окружающую среду. Применительно к землям сельскохозяйственного назначения государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения можно представить как последовательность его составляющих: наблюдение, оценка, прогнозирование, реализуемых в рамках двух видов мониторинга земель, представленных на рис. 1.

Показатели мониторинга использования земель представлены на рис. 2.

Показатели мониторинга состояния земель сельскохозяйственного назначения отражают состояние почв, так как почвенное плодородие является наиболее важной для сельскохозяйственного производства характеристикой, обеспечивающей выход продукции растениеводства. Все показатели разделены на группы (табл. 1).



Рис. 1. Система мониторинга земель сельскохозяйственного назначения

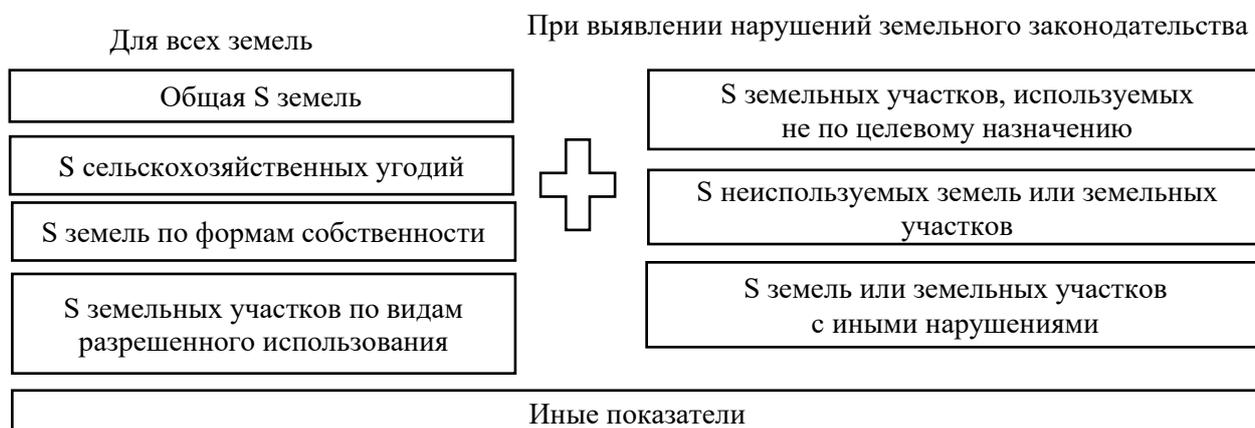


Рис. 2. Система показателей мониторинга использования земель (S – площадь)

Таблица 1

Показатели мониторинга состояния земель

Наименование группы показателей	Количество показателей
Общие показатели почв	3
Физические и химические показатели почв	15
Показатели загрязнения почв	6
Показатели негативных процессов	6
Дополнительные показатели для почв неиспользуемых земель	3
Биологическая активность	1
Показатели геоботанического состояния почв сенокосов и пастбищ	2
Показатели фитосанитарного состояния почв	4

В рамках представленного исследования подробно рассматриваются цифровые технологии по получению таких показателей мониторинга использования земель, как площадь неиспользуемых земель или земельных участков, а также дополнительные показатели для почв неиспользуемых земель (закустаренность и залесенность), входящие в мониторинг состояния земель.

Результаты и обсуждение

Для проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в части выявления неиспользуемых земель, подвергшихся зарастанию, нами предполагается использовать программное обеспечение QGIS, являющееся общедоступным, с открытым исходным кодом.

Для проведения наблюдений за использованием и состоянием земельных ресурсов используют данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что значительно сокращает как временные, так и материальные затраты [9]. Для аграрного производства особо ценны сельскохозяйственные угодья, поэтому в рамках мониторинга земель сельскохозяйственного назначения именно им уделяется значительное внимание.

Неиспользование сельскохозяйственных угодий приводит к их повсеместному зарастанию, поэтому основная задача проведения наблюдений в рамках мониторинга земель – выявить возникающие изменения, то есть определить не только современный уровень развития процессов деградации угодий, но и установить начальный уровень, который будет соответствовать базовому мониторингу земель.

К. И. Калашников и Е. Н. Кулик в одной из своих работ обосновывают возможность применения архивных картографических материалов для выявления начального уровня зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью [10].

Используя Методику установления границ земель сельскохозяйственного назначения и границ зон сельскохозяйственного использования (с установлением границ угодий) [11], в качестве определения изменения гра-

ниц сельскохозяйственных угодий и древесно-кустарниковой растительности рекомендуется брать данные космической съемки за следующие периоды: 1984–1990, 1991–1995, 1996–2000, 2001–2005, 2006–2010, 2011–2016, 2017–2024 гг. Такие данные позволят создать слои, соответствующие оперативному мониторингу земель. На основе растровых слоев с материалами ДЗЗ формируются векторные слои, которые отражают границы распространения древесно-кустарниковой растительности в определенный период времени.

В настоящее время распространены два метода распознавания зарастания по космическим снимкам: автоматизированный через объединение однотипных цветовых тонов, полученных в результате спектрального анализа космического снимка (возможно осуществить как с помощью специальных программ, таких как Scanex Image Processor, так и с помощью дополнительных модулей в ГИС) [12] и визуальный, при котором оператор по дешифровочным признакам обрисовывает границы угодий [13]. Первый метод значительно ускоряет процесс, однако требует проверки со стороны оператора, второй метод применяется на небольших по площади территориях. Соответственно выбор метода установления границ зарастания сельскохозяйственных угодий зависит от размера исследуемой территории.

Вторая составляющая мониторинга земель – оценка, по нашему мнению, должна включать классификацию земель по степени проявления последствий неиспользования земель – зарастания. Так, по мнению В. А. Евсегнеева, классификация земель имеет определяющее значение, она является методическим инструментом, позволяющим оценить качество сельскохозяйственных земель [14]. Такая классификация позволит понять, какие сельскохозяйственные угодья в первую очередь стоит возвращать в хозяйственный оборот, а какие лучше передавать в лесной фонд.

Изучив накопленный ранее опыт классификации сельскохозяйственных угодий по сте-

пени проявления зарастания, представленный в табл. 2, мы выявили, что существует два принципиально разных подхода: одни ученые выделяют классификационные единицы сель-

скохозяйственных угодий, подвергшихся зарастанию, другие ученые классифицируют древесно-кустарниковые массивы по степени их развития.

Таблица 2

Классификации земель для целей выявления зарастания

Исследователи	Предлагаемая классификация			
Л. Г. Евстратова, Л. С. Калитка [15]	Неподверженные зарастанию поля	Поля со средним зарастанием		Поля с плотным зарастанием
Е. А. Стыщенко [16]	Сельскохозяйственные угодья, подверженные процессам зарастания			
	Поросль леса (сомкнутость крон ~10–30 %)		Поросль леса (сомкнутость крон ~30–80 %)	
Е. В. Белорусцева [17]	Нулевая стадия	Первая (до 10 %) стадия	Вторая (до 50 %) стадия	Третья (более 50 %) стадия
А. П. Белоусова, И. В. Брыжко [18]	Отсутствие или зарастание в начальной стадии	Зарастание низкорослым молодым лесом, возрастом 15–20 лет		Зарастание густым сомкнутым древесным покровом, возрастом более 25 лет

В связи с этим автором предлагается двухэтапный подход к классификации сельскохозяйственных угодий, на которых выявлено зарастание. На первом этапе оценки зарастания необходимо определить, чем зарастают сельскохозяйственные угодья. По нашему мнению, следует выделять три вида древесно-кустарниковой растительности: преимущественно древесная растительность, преимущественно кустарниковая растительность с сорными травами и кустарниковая растительность с одиноко расположенными деревьями. Далее, определив процентное соотношение площади зарастания в общей площади сельскохозяйственного угодья, разделить угодья на две группы: заросшие и зарастающие. Если зарастание угодья преимущественно древесной растительностью захватывает более 30 % от общей площади, то такое угодье отнести к группе заросших, в противном случае – к зарастающим. Для сельскохозяйственных угодий с зарастанием преимущественно кустарниковой растительностью с сорными травами и кустарниковой расти-

тельностью с одиноко расположенными деревьями пороговым значением будет 40 % покрытия территории. Такие граничные значения выбраны, исходя из п. 94 Лесоустроительной инструкции, утвержденной Приказом Федерального агентства лесного хозяйства № 516 от 12.12.2011, по которому заросшие земли относят к землям, покрытым лесной растительностью. Зарастающими же сельскохозяйственными угодьями будем считать угодья, где доля древесно-кустарниковой растительности в площади угодья не позволяет причислить его к лесным землям (рис. 3).

При использовании ГИС в целях прогнозирования распространения какого-либо явления в основном применяется принцип учета ограничивающих факторов, т. е. соединение областей допустимых значений результирующего показателя, по которым определяют прогнозную область изучаемого явления [19, 20]. Мы же в свою очередь предлагаем использовать ГИС для прогнозирования области зарастания на основе установленных ранее тенденций.

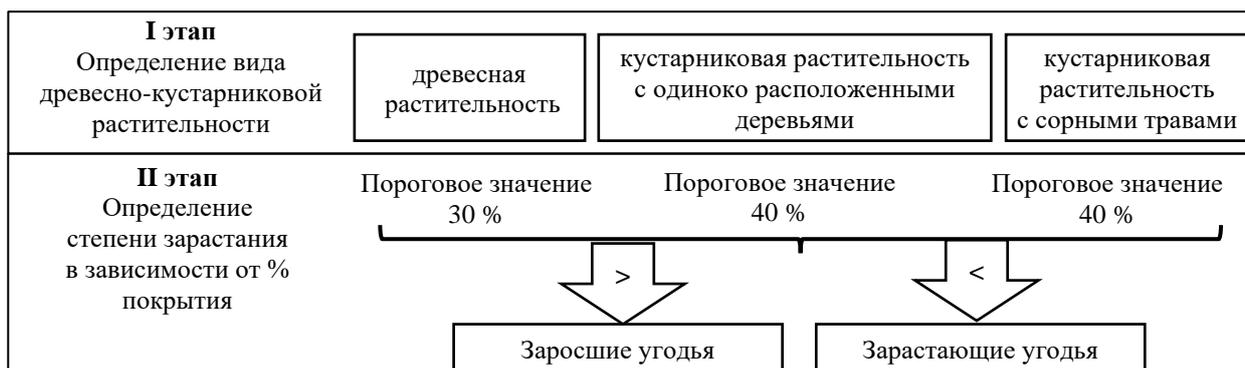


Рис. 3. Авторская классификация сельскохозяйственных угодий по степени зарастания

Путем введения поправочного коэффициента, отражающего отношение прогнозируемого периода к изученному периоду (при наличии данных за многолетний период коэффициент корректируется на полученную на основе корреляционно-регрессионного ана-

лиза линию тренда), получают линии перехода от современного состояния зарастания сельскохозяйственных угодий к прогнозируемому. Соединив конечные вершины линий перехода, получаем контуры предполагаемой деградации через n лет (рис. 4).

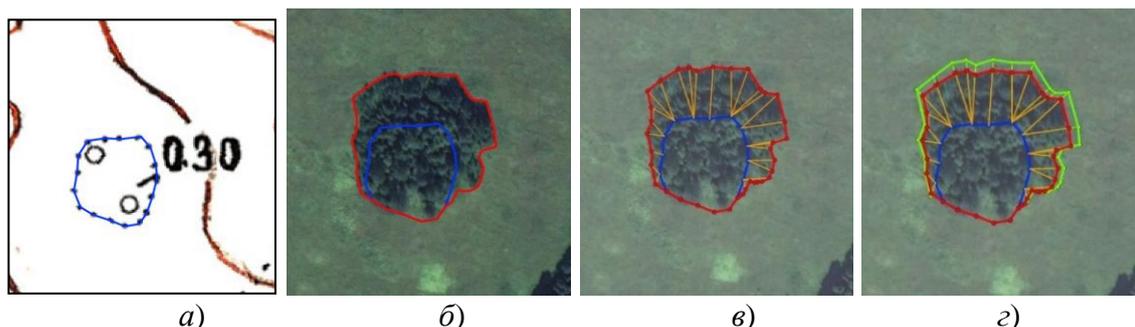


Рис. 4. Графическое представление алгоритма проведения мониторинга земель
 а) начальный уровень деградации угодий (1984–1990 гг.); б) современный уровень деградации угодий (2017–2024 гг.); в) линии тренда деградации (оценка скорости развития процессов деградации); г) прогнозируемый уровень деградации угодий (2030 г.)

На рис. 5 изображен алгоритм проведения мониторинга земель с помощью QGIS.

Апробация

Апробация работы предлагаемого алгоритма была проведена по материалам земель части бывшего совхоза «Дзержинский» Лужского района Ленинградской области.

Исходя из этого, для оценки состояния угодий в качестве начальных данных (базового мониторинга земель) нами были взяты картографические материалы по совхозам Ленинградской области на период максимального

сельскохозяйственного производства в области (середина 1980-х гг.), что будет относиться к данным, полученным в камеральных условиях из архивных материалов.

Отсканированный вариант топографической съемки масштаба 1 : 10 000 был привязан к плоской системе координат WGS 84 / UTM zone 36N. По данным архивной топографической съемки были выявлены только вкрапления и вклинивания отдельных контуров кустарника и древесной растительности в пахотные и кормовые угодья, заросших древесно-кустарниковой растительностью кормовых угодий не выявлено. Визуальным методом было обследовано 3 707,87 га (рис. 6).

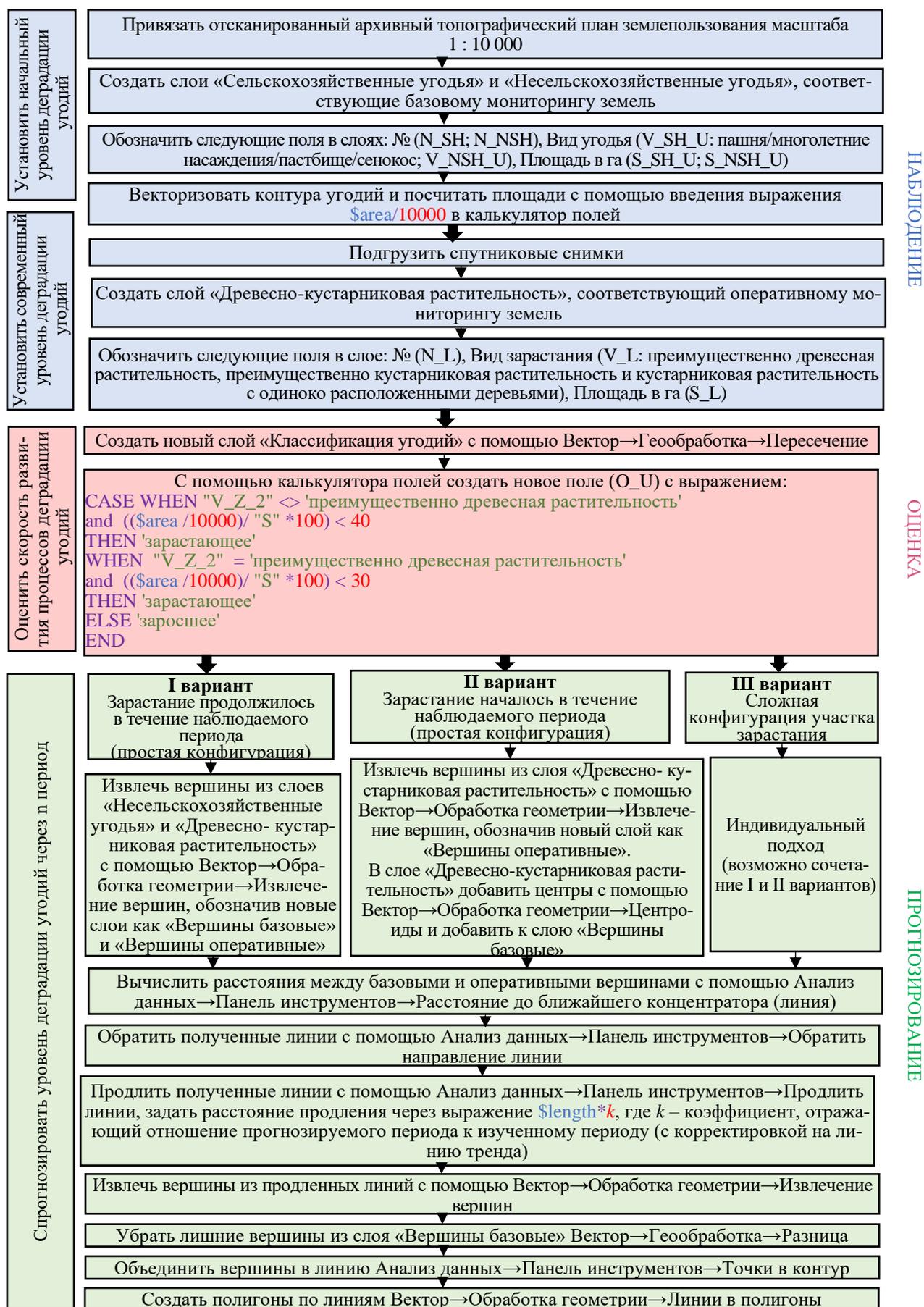


Рис. 5. Алгоритм проведения мониторинга земель с помощью QGIS

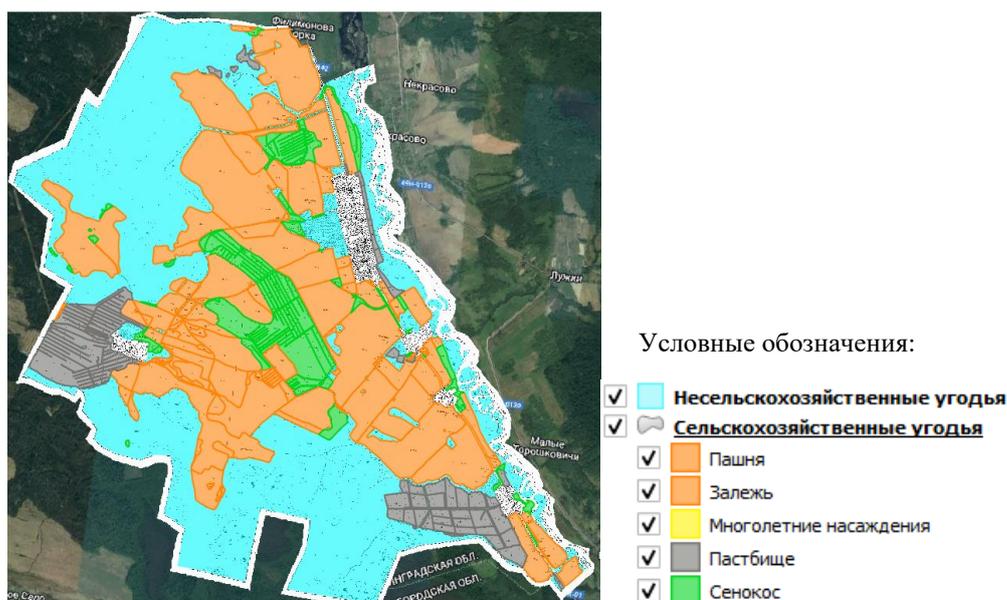


Рис. 6. Карта-схема базового мониторинга земель

В качестве данных для оперативного мониторинга земель были использованы только современные спутниковые снимки высокого разрешения (2017–2024 гг.), полученные из открытых источников данных: Google Satellite Hybrid, Bing Maps Satellite Imagery, Yandex Satellite 22, Here Wego Satellite.

После сравнение данных оперативного и базового мониторинга земель была проведена классификация угодий (рис. 7).

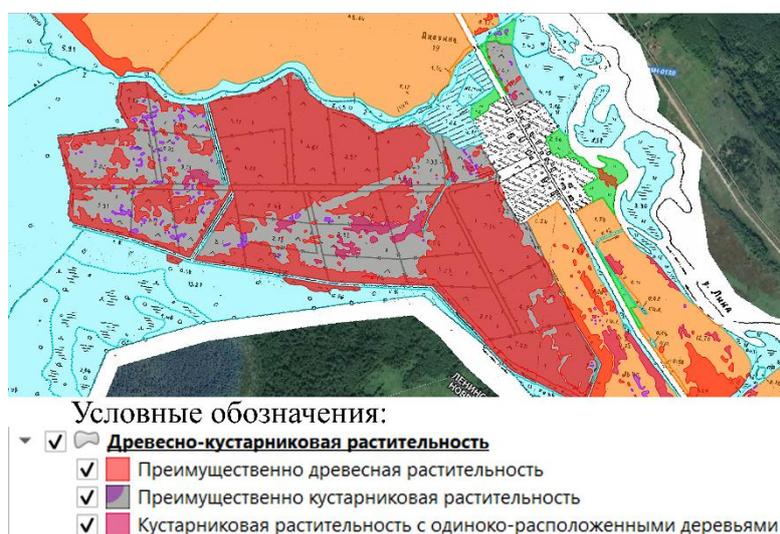


Рис. 7. Фрагмент карты-схемы классификации угодий (1-й этап)

В рамках мониторинга земель выделено 327,59 га заросших угодий и 972,06 га зарастающих сельскохозяйственных угодий.

Основываясь на выполненных прогнозах графическим способом, было выявлено, что увеличение площадей зарастания в ближайшие 8–10 лет, если не устранить причины неиспользования, достигнет 25 % по сравнению с существующим состоянием (рис. 8).



Рис. 8. Фрагмент карты-схемы прогнозирования зарастания сельскохозяйственных угодий

Ведомость изменения площадей древесно-кустарниковой растительности и соответственно увеличение зарастания сельскохозяйственных угодий представлены в табл. 3.

Таблица 3

Ведомость изменения площадей древесно-кустарниковой растительности

Показатели	Год	Площадь, га
Всего древесно-кустарниковой растительности по картографическим материалам	1984–1990	1 268,4
из них		
сельские леса		1 100,23
вкрапления древесно-кустарниковой растительности на сельскохозяйственных угодьях		168,17
Древесно-кустарниковой растительности по материалам ДЗЗ	2022	1 474,28
Древесно-кустарниковой растительности по прогнозу	2030	1 515,87

Апробация позволяет отразить общий алгоритм применения цифровых технологий для целей мониторинга земель, а именно реализации, составляющей прогнозирование развития негативных процессов, поэтому для наглядности были использованы только два состояния земель: начальное и оперативное (современное). В дальнейших исследованиях предполагается также рассмотреть учет многолетних данных путем детального анализа спутниковых снимков за разный временной период, для выявления характера изменения основных тенденций.

Выводы

В результате выполнения работы мы пришли к следующим выводам.

1. Зарастание сельскохозяйственных угодий является негативным проявлением неиспользования земель. Без устранения причин неиспользования сельскохозяйственных земель невозможно уменьшить площади, подвергающиеся деградации. В рамках работы нами предложено при проведении мониторинга земель использовать двухэтапную систему классификации сельскохозяйственных угодий, подверг-

шихся зарастанию: на начальном этапе выявить тип растительности, которой зарастают сельскохозяйственные угодья, а затем выявить степень зарастания.

2. Разработанный нами алгоритм применения информационных технологий при проведении мониторинга земель основан на использовании программного продукта QGIS и позволяет наглядно представить развитие негативных последствий с течением времени.

3. На примере части земель бывшего совхоза «Дзержинский» был проведен монито-

ринг земель, в рамках которого выявлены, оценены и спрогнозированы степень и общие площади зарастания сельскохозяйственных угодий.

Благодарности

Исследование было проведено в рамках исполнения государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ, регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР 1022071100-074-1-4.5.1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Жарников В. Б., Ларионов Ю. С., Теплякова Т. В. О решении проблемы биоземледелия как основы развития аграрного сектора страны и задачах его геоинформационного обеспечения // Вестник СГУГиТ. – 2020. – № 2. – С. 183–197. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-183-197.

2. Жарников В. Б., Ларионов Ю. С. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения как механизм их рационального использования // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 203–212.

3. Huang Q., Chen Z., Wu W., de Wit A. J. W., Teng F., & Li D. China crop growth monitoring system-methodology and operational activities overview // *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2011*. – Vancouver, Canada. – 2011. – P. 2961–2964. – DOI 10.1109/IGARSS.2011.6049837

4. Marzolff I., Kirchhoff M., Stephan R., Seeger M., Ait Hssaine A. and Ries JB. Monitoring Dryland Trees With Remote Sensing. Part A: Beyond CORONA—Historical HEXAGON Satellite Imagery as a New Data Source for Mapping Open-Canopy Woodlands on the Tree Level. // *Front. Environ. Sci.* – 2022. – 10:896702. – DOI 10.3389/fenvs.2022.896702.

5. Prishchepov Y. H., Kuemmerle A., Bleyhl T., Buchner B., Radeloff Volker. J. Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series // *Remote Sensing of Environment*. – 2018. – V. 210. – P. 12–24. – DOI 10.1016/j.rse.2018.02.050.

6. Haase P., Tonkin J. D., Stoll S., Burkhard B., Frenzel M., Geijzendorffer I. R., Häuser Ch., Klotz S., Kühn I., McDowell W. H., Mirtl M., Müller F., Musche M., Penner J., Zacharias S., Schmeller D. S. The next generation of site-based long-term ecological monitoring: Linking essential biodiversity variables and ecosystem integrity // *Science of The Total Environment*. – 2018. – V. 613–614. – P. 1376–1384. – DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.08.111.

7. Szostak M. Automated land cover change detection and forest succession monitoring using lidar point clouds and GIS analyses // *Geosciences*. – 2020. – V. 10. – P. 321. – DOI 10.3390/geosciences10080321.

8. Lasanta T, Nadal-Romero E, Khorchani M, Romero-Díaz A. A review of abandoned lands in Spain: from local landscapes to global management strategies // *CIG*. – 2021. – 47(2) – P. 477–521.

9. Сутугина И. М., Смелик В. А. Информационное обеспечение кадастра недвижимости и точного земледелия по материалам аэрофотосъемки. – СПб.: СПбГАУ, 2016. – 199 с.

10. Калашников К. И., Кулик Е. Н. Привлечение архивной землеустроительной информации при изучении состояния сельскохозяйственных угодий по данным дистанционного зондирования Земли // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр., 24–26 апреля 2019 г., Новосибирск : сб. материалов в 9 т. Т. 4 : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. № 2. – С. 221–228.

11. Федоринов А. В., Волков С. Н., Черкашина Е. В., Сорокина О. А., Комаров С. И., Петрова Л. Е., Сеница Ю. С. Методика установления границ земель сельскохозяйственного назначения и границ зон сельскохозяйственного использования (с установлением границ угодий): методические рекомендации. – М. : ГУЗ, 2024. – 128 с.
12. Гарафутдинова Л. В., Каличкин В. К., Хлебникова Е. П. Оценка методов классификации многозональных космических снимков // Вестник ОмГАУ. – 2022. – № 4 (48). – С. 19–28.
13. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения : учебное пособие. – Пермь, 2020. – 191 с.
14. Евсегнеев В. А. Государственный мониторинг земель в Российской Федерации // Биосфера. – 2018. – № 3. – С. 218–223.
15. Калитка Л. С. Евстратова Л. Г. Мониторинг зарастания земель сельскохозяйственного назначения по космическим снимкам высокого и среднего пространственного разрешения // МСХ. – 2021. – № 4. – С. 7–9. – DOI 10.24412/2587-6740-2021-4-7-9.
16. Стыценко Е. А. Возможности распознавания сельскохозяйственных угодий с использованием методики совместной автоматизированной обработки разносезонных многозональных космических изображений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14. – № 5. – С. 172–183.
17. Белоруцева Е. В. Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий Нечерноземной зоны Российской Федерации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 57–64.
18. Белоусова А. П., Брыжко И. В. Анализ зарастания сельскохозяйственных угодий на территории пермского края по спутниковым снимкам LANDSAT // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27. – № 4. – С. 150–161.
19. Иванов Д. А., Рублюк М. В., Анциферова О. Н. Прогнозирование размещения посевов льна на основе данных мониторинга и ГИС-технологий // Земледелие. – 2023. – № 7. – С. 3–6. – DOI 10.24412/0044-3913-2023-7-3-6.
20. Салимова Б. Д., Худайкулов Р. М. Теоретические аспекты применения ГИС в прогнозировании и мониторинге чрезвычайных ситуаций // Universum: технические науки. – 2020. – № 10–1 (79). – С. 19–21.

Об авторах

Екатерина Леонидовна Уварова – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства.

Получено 03.05.2024

© *Е. Л. Уварова*, 2024

Digital technologies use in agricultural lands monitoring

*E. L. Uvarova*¹✉

¹ Saint-Petersburg State Agrarian University, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: katrinka-66@mail.ru

Abstract. The intensification of the degraded agricultural lands identification within the state monitoring contributes framework to the formation of an up-to-date information base. Such a base, in turn, represents the first step towards solving the strategic task of the Russian Federation - the unused agricultural land involvement in circulation. The purpose of the work is to develop the algorithm for supporting land monitoring activities using QGIS to clarify unused areas of agricultural land. The improvement of agricultural

land monitoring through the digital technologies introduction during its implementation can significantly reduce time costs. The author's algorithm for conducting land monitoring using GIS affects all its components: observation, assessment and forecasting. As part of the assessment, a two-stage agricultural land classification is proposed, which takes into account both the degree of overgrowth and the type of woody and shrubby vegetation. In the future it will allow not only to calculate the material costs of involving land in economic turnover, but also to outline a set of cultural and technical measures for the agricultural land restoration. The author's technique for predicting the degree of agricultural land overgrowth is based on the built-in functions of Qgis (a free geographic information system with an open code), which makes it available for use. In general, the forecasting algorithm is an extrapolation in a graphical way. The study was tested based on the materials of the Luga district of the Leningrad region.

Keywords: land monitoring, unused agricultural land, vegetation, tree and shrub vegetation, forecasting, geoinformation systems

REFERENCES

1. Karpik, A. P., Zharnikov, V. B., Larionov, Yu. S., & Teplyakova, T. V. (2020). About solving the problem of bio-land farming as the basis for the development of the country's agricultural sector and tasks of its geoinformation support. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2, 183–197. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-2-183-197 [in Russian].
2. Zharnikov, V. B., & Larionov, Yu. S. (2017). Soil fertility monitoring of agricultural purpose lands as a mechanism of their rational use. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22 (1), 203–212. [in Russian].
3. Huang, Q., Chen, Z., Wu, W., de Wit, A. J. W., Teng, F., & Li, D. (2011). China crop growth monitoring system-methodology and operational activities overview. In *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2011, Vancouver, Canada, 24–29 July, 2011*. 2961–2964. DOI 10.1109/IGARSS.2011.6049837
4. Marzloff, I., Kirchhoff, M., Stephan, R., Seeger, M., Ait, Hssaine, A. & Ries, JB. (2022). Monitoring Dryland Trees With Remote Sensing. Part A: Beyond CORONA—Historical HEXAGON Satellite Imagery as a New Data Source for Mapping Open-Canopy Woodlands on the Tree Level. *Front. Environ. Sci*, 10:896702. DOI 10.3389/fenvs.2022.896702.
5. Prishchepov, Y. H., Kuemmerle, A., Bleyhl, T., Buchner, B., & Radeloff, Volker. J. (2018). Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 210, 12–24. DOI 10.1016/j.rse.2018.02.050.
6. Haase, P., Tonkin, J. D., Stoll, S., Burkhard, B., Frenzel, M., Geijzendorffer, I. R., Häuser, Ch., Klotz, S., Kühn, I., McDowell, W. H., Mirtl, M., Müller, F., Musche, M., Penner, J., Zacharias, S., & Schmeller, D.S. (2018). The next generation of site-based long-term ecological monitoring: Linking essential biodiversity variables and ecosystem integrity. *Science of The Total Environment*, Vol. 613–614. 1376–1384. DOI 10.1016/j.scitotenv.2017.08.111.
7. Szostak, M. (2020). Automated Land Cover Change Detection and Forest Succession Monitoring Using LiDAR Point Clouds and GIS Analyses. *Geosciences*, 10, P. 321. DOI 10.3390/geosciences10080321.
8. Lasanta, T., Nadal-Romero, E., Khorchani, M., & Romero-Díaz, A. A review of abandoned lands in Spain: from local landscapes to global management strategies. *CIG [Internet]*. 2021 Jul. 1 [cited 2024 Mar. 13]; 47(2):477–521.
9. Sutugina, I. M., & Smelik, V. A. (2016). Information support of the real estate cadastre and precision agriculture based on aerial photography materials. *St.Peterburg: SPbGAU*, 199 p. [in Russian].
10. Kalashnikov, K. I., & Kulik, E. N. (2019). Involvement of archival land management information in the study of the state of agricultural land according to remote sensing of the Earth. *Interespo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]* 4 (2), 221–228. [in Russian].
11. Fedorinov, A. V., Volkov, S. N., Cherkashina, E. V., Sorokina, O. A., Komarov, S. I., Petrova, L. E., & Sinitsa, Yu. S. (2024) Methodology for establishing the boundaries of agricultural land and

the boundaries of agricultural use zones (with the establishment of land boundaries): methodological recommendations. *Moscow: GUZ, [Moscow: GUZ]*, 128 p. [in Russian].

12. Garafutdinova, L. V., Kalichkin, V. K., Khlebnikova, E. P. (2022). Otsenka metodov klassifikatsii mnogoazonal'nykh kosmicheskikh snimkov. *Vestnik OmGAU [Vestnik OmGAU]*, 4 (48), 19–28. [in Russian].

13. Shikhov, A. N., Gerasimov, A. P., Ponomarchuk, A. I., & Perminova, E. S. (2020) Thematic decoding and interpretation of satellite images of medium and high spatial resolution. *Perm: Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet*, 191 p. [in Russian].

14. Evsegneev, V. A. (2018). State monitoring of lands in the Russian Federation. *Bio-sfera [Biosphere]*, 3, 218–223. [in Russian].

15. Kalitka, L. S., & Evstratova, L. G. (2021). Monitoring of overgrowth of agricultural lands using satellite images of high and medium spatial resolution. *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal [International Agricultural Journal]*, 4, 7–9. DOI 10.24412/2587-6740-2021-4-7-9. [in Russian].

16. Stytsenko, E. A. (2017). The possibilities of recognizing agricultural lands using the methodology of joint automated processing of multi-seasonal multi-zone satellite images. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]*, 14 (5), 172–183. [in Russian].

17. Belorustseva, E. V. (2012). Monitoring the state of agricultural lands of the non-Chernozem zone of the Russian Federation *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]*, 9 (1), 57–64. [in Russian].

18. Belousova, A. P., & Bryzhko, I. V. (2021). Analysis of overgrowth of agricultural lands in the Perm territory using LANDSAT satellite images. *InterKarto. InterGIS [The InterCarto. InterGIS]*, 27 (4), 150-161. [in Russian].

19. Ivanov, D. A., Rublyuk, M. V., & Antsiferova, O. N. (2023). Forecasting the placement of flax crops based on monitoring data and GIS technologies. *Zemledelie [Agriculture]*, 7, 3–6. DOI 10.24412/0044-3913-2023-7-3-6.

20. Salimova, B. D., & Khudaikulov, R. M. (2020). Theoretical aspects of GIS application in forecasting and monitoring of emergency situations. *Universum: tekhnicheskie nauki [Universum: technical sciences]*, 10-1 (79), 19–21.

Author details

Ekaterina L. Uvarova – Ph. D., Associate Professor, Department of Land Management.

Received 03.05.2024

© E. L. Uvarova, 2024