РАЗДЕЛ III. НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Домашенко Ю.Е., Митяева Л.А., Ляшков М.А., Арискина Ю.Ю.
Современные методы и способы проведения агроэкологического мониторинга
почвенного покрова

*ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
(Россия, Новочеркасск)*

doi: 10.18411/scienceconf-05-2020-07

idsp: scienceconf-05-2020-07

Аннотация

Для проведения мониторинга внедряются новые средства и технологии, системы наблюдений, сбора и обработки информации, в том числе на основе данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных. В статье рассмотрены основные современные методы и способы проведения агроэкологического мониторинга почвенного покрова. Выделены методы дистанционного зондирования; наземные наблюдения и обследования; данные, получаемые из фондовых источников, проанализированы их достоинства и недостатки. Наиболее важным вопросом является выбор показателей мониторинга почвенного покрова, периодичности наблюдений, методов и способов измерения. Составлена функциональная схема основных показателей, методов, способов проведения агроэкологического мониторинга почвенного покрова. Ряд вопросов методического характера требует дальнейшей научной проработки применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Ключевые слова: мониторинг, сельскохозяйственные земли, почвенный покров, дистанционные методы, полевые исследования.

Abstract

For monitoring, new tools and technologies are being introduced, as well as systems for observing, collecting and processing information, including on the basis of remote sensing Data as the most objective and operational. The article discusses the main modern methods and methods of agroecological monitoring of soil cover. Methods of remote sensing; ground-based observations and surveys; data obtained from stock sources are highlighted, their advantages and disadvantages are analyzed. The most important issue is the choice of indicators for monitoring soil cover, frequency of observations, methods and methods of measurement. A functional diagram of the main indicators, methods, and methods for conducting agroecological monitoring of soil cover has been compiled. A number of methodological issues require further scientific study in relation to specific soil and climate conditions.

Key words: monitoring, agricultural land, soil cover, remote methods, field research.

Актуальность. На основании приказа Министерства сельского хозяйства РФ от 24 декабря 2016 г. № 664 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения» [1] в рамках мониторинга состояния земель осуществляется мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и учет показателей состояния плодородия почв в соответствии с Порядком государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения [2]. В рамках «Порядка» необходимые сведения при осуществлении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения получают с использованием: данных дистанционного зондирования; сети тестовых полигонов; наземных съемок, наблюдений и обследований и др. Съемки, наблюдения и обследования, в зависимости от срока и периодичности проведения могут быть: базовые (исходные), периодические и оперативные.

Для проведения мониторинга внедряются новые средства и технологии, системы наблюдений, сбора и обработки информации, в том числе на основе данных дистанционного зондирования Земли как наиболее объективных и оперативных. Наиболее важным вопросом является выбор показателей мониторинга почвенного покрова, периодичности наблюдений, методов и способов измерения.

В связи с вышесказанным, основная цель статьи – рассмотреть и проанализировать основные современные методы и способы проведения агроэкологического мониторинга почвенного покрова, которые будут использоваться нами в дальнейших исследованиях.

Материалы и методы. Основные методы исследования основывались на системном подходе анализа и синтеза, методах обобщения, интерполяции, описания, сравнения различных источников информации: научные статьи отечественных и зарубежных ученых, бесплатные интернет-порталы с архивом космических снимков.

Результаты и их обсуждения. При проведении мониторинга земель можно выделить три основных метода получения необходимой информации: дистанционное зондирование, наземные наблюдения и обследования, фондовые материалы.

В таблице 1 выделены основные достоинства и недостатки каждого из представленных метода агроэкологического мониторинга.

Таблица 1

Основные методы агроэкологического мониторинга

Методы агроэкологического мониторинга		
Дистанционное зондирование	Наземные наблюдения и обследования	Фондовые данные
достоинства		
Возможность наблюдать и регистрировать сведения об обширных деградированных агроландшафтах	Отбор почвенных образцов для агрохимического анализа	Ретроспективные данные о состоянии почвенного покрова
Большая обзорность позволяет увидеть крупные региональные особенности антропогенного воздействия на состояние почвенного покрова	Визуальное оценивание морфологических особенностей, структуры, цвета почвы	Серия картографических материалов за длительный период времени
Возможность получать детальную информацию о труднодоступных районах с использованием метода экстраполяции дешифровочных признаков на основе выделения ландшафтов-аналогов	Уточнение визуальных изменений на имеющемся плане землепользования (новые дороги, границы полей, лесопосадки и т.д.).	Статистическая информация о показателях почвенного плодородия
Возможность регулярного проведения повторных съемок позволяет выбрать лучшие изображения, а также изучение динамики природных процессов	Уточнение фактического размещения посевов сельскохозяйственных культур и соблюдение севооборотов, состояние посевов, степень засоренности, соответствие конфигурации и площади кадастровому номеру земельного участка, степень эродированности (дефлированности) почвы и др.	
Комплексный характер информации позволяет использовать их для изучения взаимосвязи: почва–сельскохозяйственная культура–урожайность		
На снимках с высоким разрешением можно распознать виды деградации и их особенности		
недостатки		
Наличие облачности не позволяет использовать определенный период съемки	Транспортные, временные затраты	Длительный временной период получения информации

На рисунке 1 рассмотрена функциональная схема основных показателей, методов, способов проведения агроэкологического мониторинга почвенного покрова.

Рисунок 1 – Функциональная схема основных показателей, методов, способов проведения агроэкологического мониторинга

Обработка материалов данных дистанционного зондирования представляет собой сложный процесс, включающий множество операций различного назначения. Эти операции могут касаться непосредственно тематического дешифрирования или носить вспомогательный характер, быть обязательными или нет.

Методы обработки данных дистанционного зондирования подразделяют на две группы: методы, обеспечивающие яркостные и геометрические преобразования снимков, они направлены на облегчение визуального дешифрирования, повышение его объективности и достоверности, а также подготовку снимков к последующему автоматизированному дешифрированию и методы автоматизированного дешифрирования [3].

Методы улучшающих преобразований обычно применяют в качестве первого шага в использовании снимков: для идентификации изобразившихся областей и объектов, определения их местоположения и для извлечения информации об их изобразительных свойствах и признаках. Яркостные преобразования снимков включают в себя: радиометрическую и геометрическую коррекцию цифровых снимков (вычитание темных пикселей, преобразование яркости в отражательную способность, моделирование влияния атмосферы и др.), улучшение цифровых изображений (изменения яркости и контрастности изображения, выделения контуров заданной контрастности, фильтрация значений яркости и выделения контуров с целью отбора элементов изображения, цветное синтезирование, цветокодирование), алгоритмы

трансформирования снимков (метод билинейной и кубической интерполяции, создание мозаик снимков и др.) [4].

Как отмечено в работах [5–7], в последние годы стали активно использоваться, для мониторинга агроландшафтов (наблюдение и контроль различных процессов и явлений в пределах одного орошаемого хозяйства или отдельно расположенного поля), уже созданные и развивающиеся в рамках специализированных систем мониторинга информационные продукты и услуги, которые обеспечивают сбор, обработку, архивацию и предоставление данных дистанционного зондирования и результатов их обработки по сельскохозяйственным землям на всей территории России. В частности, для Ростовской области разработана такая геоинформационная система с предоставлением и пополнением данных по районам области [8].

Методы дешифрирования, основанные на преобразовании спектральных яркостей – основная задача при использовании снимков для исследований почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий. К дешифровочным признакам объектов на снимках относятся: тон, цвет, размер, форма, текстура, рисунок, тень, местоположение, связь с другими объектами.

Методы синтезирования и анализа главных компонент направлены на интегрирование признаков почвенного плодородия в спектральном пространстве: первый осуществляет переход от трехмерного представления к одномерному с новой координатой – цветом, второе – преобразует спектральные координаты в показатели контраста.

Для выполнения процедуры синтезирования выбирают три зональных изображения, которые рассматривают как красную, зеленую и синюю составляющую палитры RGB (R – «red» с длиной волны 0,7 мкм; G – «green» с длиной волны 0,5461 мкм; B – «blue» с длиной волны 0,4358 мкм) (рисунок 2) [9].

А – в естественных цветах 4–3–2; Б – в инфракрасном диапазоне; В – ложные цвета; Г – индекс растительности

Рисунок 2 – Фрагмент выделения эродированного участка агроландшафта Миллеровского района Ростовской области после применения различных спектральных каналов по космическому снимку спутника Sentinel-2 (02.04.2020)

Метод главных компонент, подробно рассмотренный в [10], используется чтобы устранить избыточность информации и сжать объем анализируемых данных в каналах мультиспектрального снимка.

Преобразование главных компонент активно используется в трех направлениях исследований, связанных с дистанционным изучением агроландшафтов. Это непосредственно ландшафтный анализ территории, изучение землепользования и оценка деградированного почвенного покрова.

При ландшафтном анализе преобразование главных компонент используется, чтобы получить интегральные характеристики ландшафта на основе разнородных данных – космических снимков, цифровых моделей рельефа, наземных данных, картографических материалов. В России преобразование главных компонент применил Д. Н. Козлов для цифрового ландшафтного анализа с целью крупномасштабного почвенного картографирования [11], за рубежом – Byrne et al., Fung и LeDrew [12, 13] (рисунок 3).

А

Б

А – Азовский район Ростовской области;

Б – Миллеровский район Ростовской области

Рисунок 3 – Применение цифровых моделей рельефа для агроэкологического мониторинга эрозионных процессов

Многочисленные экспериментальные исследования [14–16] способствовали определению трех осей (трех производных признаков), отражающих спектральную структуру данных и информацию о состоянии растительного покрова. Эти признаки названы soil brightness яркость (индекс яркости почв – взвешенная сумма значений пикселей всех зон снимка, учитывающая максимальное варьирование отражательной способности почвы), greenness (индекс зеленой растительности – контраст между ближней инфракрасной и видимой областями, в значительной степени определяющий количество зеленой растительности в отображаемой области) и wetness (влажность относится к влажности почв и влагосодержанию атмосферы).

При автоматизированном дешифрировании возможно полное (классификация без обучения) или частичное (классификация с обучением) исключение влияния человеческого фактора на получаемый результат. Такая ситуация часто возникает при дистанционном исследовании неоднородности почвы, и использование классификации без обучения снижает субъективность проведения границ. Процесс классификации состоит в распределении всех пикселей снимка по классам в соответствии с отражательной способностью (значением спектральной яркости) каждого из них в одной или нескольких зонах спектра [17].

Наиболее часто применяется алгоритм классификации без обучения (неконтролируемая классификация) K-Means, а также алгоритм ISODATA. Данный алгоритм позволяет выделить контуры с неконтрастной по спектральной яркости структурой, например различные сельскохозяйственные культуры, почвы с различным содержанием гумуса, залежные участки и другие объекты.

Среди классификации с обучением выделяются алгоритмы, основанные на методах параллелепипедов (наиболее простой алгоритм, основанный на детерминированном подходе), алгоритмы классификации по минимальному расстоянию, алгоритм классификации на основе метода максимального правдоподобия [18].

В последнее время наибольшее распространение и актуальность получили методы дистанционных исследований совместно с полевыми опытами для оценки динамических показателей почвенного покрова, которые базируются на изучении спектральной отражательной способности и учете спектральных свойств почв. В РосНИИПМ ведутся исследования изучения почвенного покрова в аспекте прецизионного орошения с использованием современных методов и способов [7, 19–21].

Выводы.

1. При мониторинге почвенного покрова оптимальный результат достигается при совместном использовании дистанционных методов и способов имитационного моделирования, интегрированных в географические информационные системы. В настоящее время они основываются на разработке и внедрении разного рода геоинформационных систем, синтезирующих методы обработки традиционных подходов с методами дистанционного зондирования.

2. Проведенные исследования отечественных и зарубежных авторов показали, что современные методы и способы мониторинга почвенного покрова, геоинформационные системы и базы данных почвенного покрова, создаваемые для инвентаризации и оценки почвенных ресурсов, можно улучшить в результате усиления исследований в таких направлениях исследования агроландшафтов, как:

- разработка автоматизированных методов дешифрирования почв и их отдельных свойств по данным дистанционного зондирования,
- изучение взаимосвязей почв и почвенного покрова с иными компонентами ландшафта (почвенно-ландшафтные связи) на количественном уровне с учетом региональной специфики.

3. Для расширения подобной практики в России особую актуальность приобретает дальнейшее развитие исследований по усилению методологии дифференцированной и комплексной оценки агроэкологического качества почвенного покрова с учетом их провинциально-генетического разнообразия, местных особенностей ландшафта и землепользования.

1. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: приказ Мин-ва сельского хозяйства РФ от 24 декабря 2016 г. № 664 (зарегистрирован в Минюсте РФ 21 марта 2016 г. № 45825): по состоянию на 17 февраля 2020 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.
2. Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения: приказ Мин-ва сельского хозяйства РФ от 4 мая 2010 г. № 150 (зарегистрирован в Минюсте РФ 15 июля 2010 г. № 17846), с изменениями на 8 августа 2012 г.: по состоянию на 17 февраля 2020 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.
3. Лурье, И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: учеб. пособие для вузов / И. К. Лурье, А. Г. Косиков; под общ. ред. А. М. Берлянта. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.

4. Книжников, Ю. Ф. Основы аэрокосмических методов в географических исследованиях / Ю. Ф. Книжников. – М.: МГУ, 1980. – 137 с.
 5. Наземная гиперспектральная аппаратура для измерения вегетативных индексов в задачах прецизионного орошения сельскохозяйственных культур / В. Н. Щедрин [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 1–14. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=527>.
 6. Мышляков, С. Г. «Геоаналитика. Агро» – инновационное решение для сельскохозяйственного мониторинга / С. Г. Мышляков, А. А. Глотов // Геоматика. – 2015. – № 2. – С. 58–62.
 7. Васильев, С. М. Основные технологические подходы при обработке космических снимков в исследовании агроландшафтов / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Л. А. Митяева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 41–60. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=545>.
 8. Геоинформационная система Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gisro.donland.ru/>.
 9. Жиленев, М. Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗЗ и их комбинаций при цифровой обработке / М. Ю. Жиленев // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 56–65.
 10. Лурье, И. К. Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / И. К. Лурье. – М.: ИНЭКС 92, 2002. – 140 с.
 11. Козлов, Д. И. На пути к цифровой почвенной картографии / Д. И. Козлов, Н. П. Сорокина // Материалы V Всерос. съезда о-ва почвоведов. – Ростов на/Д.: Ростиздат, 2008. – С. 221.
 12. Byrne, G. F. Monitoring Land-Cover Changes by Principal Component Analysis of Multitemporal Landsat Data [text] / G. F. Byrne, P. F. Grapper, K. K. Mayo // Remote Sensing of Environment, 1980. – V. 10. – P. 175–184.
 13. Fung, T. Application of Principal Component Analysis to Change Detection [text] / T. Fung, E. LeDrew // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1987. – V. 53. – No. 12. – P. 1649–1658.
 14. Jensen, J. R. Introductoiy Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective / J. R. Jensen. – Prentice Hall, 1996. – 318 p.
 15. ERDAS Field Guide, 5nd Ed. ERDAS Inc. – Atlanta, Georgia, 1999. – 672 p.
 16. Schowengerdt, R. A. Remote Sensing. Models and Methods for Image Processing / R. A. Schowengerdt. – Academic Press, 1997. – 522 p.
 17. Савин, И. Ю. Автоматизированная инвентаризация почв на основе материалов дистанционных съемок: возможности и перспективы / И. Ю. Савин // Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – С. 91–101.
 18. Зубков, И. А. Применение алгоритмов неконтролируемой классификации при обработке данных ДЗЗ / И. А. Зубков, В. О. Скрипачев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 57–62.
 19. Наземная гиперспектральная аппаратура для измерения вегетативных индексов в задачах прецизионного орошения сельскохозяйственных культур / В. Н. Щедрин [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 1–14. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=527>, 2020.
 20. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов [и др.] // Компьютерная оптика. – 2018. – № 5. – Т. 42. – С. 877–884.
 21. Техничко-технологические средства для прецизионного (точного) орошения / А. Н. Бабичев [и др.] // Мат. междунар. научно-практ. конф. «Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства» – 2020. – С. 153–158.
-