

УДК 631:62-539

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИСКРЕТНОМУ ВНЕСЕНИЮ ПЕСТИЦИДОВ

**А.К. Лысов***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

В представленной работе рассмотрены методологические подходы при разработке дистанционных методов съема и обработки информации о мелкомасштабной неоднородности распределения вредных объектов в агроландшафтах сельскохозяйственных культур для дифференцированного внесения средств защиты растений. Приведены данные по использованию информационных технологий, оптоэлектронных датчиков, оптических систем, моделей и программного обеспечения для дистанционного зондирования поверхности Земли с помощью космических аппаратов, сверхлегких и беспилотных летательных аппаратов. Показано, что дифференцированное внесение средств защиты растений невозможно без решения задач по автоматизированной дешифрации получаемых изображений пространственного распределения вредных объектов на участках поля.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, дешифрация, дискретное внесение, средства защиты, оптоэлектронные датчики, аэрокосмическая съемка, рефлексия.

Рост объемов применения средств защиты растений и площадей защищаемых культур от комплекса вредителей, болезней и сорной растительности неразрывно связан с решением задач по повышению биологической и экономической эффективности защитных мероприятий, а с другой стороны снижению их потенциальной опасности для здоровья населения. При несоблюдении технологических регламентов, несовершенства технических средств, использование средств защиты растений представляет опасность для окружающей среды, человека и животных, так как их применение происходит на значительных территориях, граничащих с крупными экосистемами, при прямом контакте с воздушной средой, почвой и возможностью накопления их остаточных количеств в воде и растениеводческой продукции. Совершенствование технологий применения средств защиты растений, прежде всего, связано с решением задач по снижению их негативного воздействия на окружающую среду и биосферу обитания человека и животного мира, а так же повышения качества и безопасности продуктов питания. Идет постоянное совершенствование средств механизации по пути повышения качества нанесения рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность. Создаются новые рабочие органы к опрыскивающей технике, которые снижают непроизводительные потери средств защиты растений в окружающую среду из-за уменьшения сноса мелких капель из зоны обработки. Прогресс в развитии цифровых технологий на основе, высокопроизводительных персональных компьютеров с большими объемами памяти баз данных, широкое использование Интернета создают новые возможности для использования в сельском хозяйстве качественно новых технологических решений и подходов. Создание США глобальной системы позиционирования GPS с начала 90-тых годов, а в последние годы и российской системы ГЛОНАСС дают возможность ускорить процесс разработки и внедрения передовых технологий цифрового точного сельского хозяйства [Шпаар Д. 2009].

Одним из путей реализации данной технологической задачи в области защиты растений является создание в рамках концепции «Умное сельское хозяйство» геоинформационных технологий для дискретного внесения гербицидов и инсектицидов с учетом пространственной неоднородности распределения вредных объектов на участках поля. Переход на данные технологии дает реальные возможности уменьшить пестицидную нагрузку на агроценозы, повысить ка-

чество растениеводческой продукции, снизить затраты на мероприятия по защите растений.

Следует отметить, что создание новых средств механизации и технологий для дискретного внесения пестицидов неразрывно связано с решением задач по геокодированному сбору и обработке информации о фитосанитарном состоянии сельскохозяйственных угодий, а именно:

- разработки геоинформационных технологий для автоматизации процесса сбора, накопления данных фитосанитарного мониторинга с целью оперативного принятия решения по предотвращению ущерба от вредоносности вредных объектов на конкретных участках поля;

- разработки оперативных и достоверных методов съема и дешифрации информации о гетерогенности распределения вредных объектов и засоренности полей возделываемых сельскохозяйственных культур с учетом экономических порогов вредоносности;

- формирование больших баз данных (Big Data) эталонных образцов сорных растений, повреждений вредителями вегетирующих сельскохозяйственных культур, спектральных излучений здоровых и больных растений с учетом влияния уровня минерального питания и метеорологических параметров;

- формирование баз данных по экономическим порогам вредоносности и оценки фитосанитарных рисков от вредителей, болезней и сорной растительности на основных сельскохозяйственных культурах.

- разработка программного обеспечения для дешифрации и цифрового анализа фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур.

Одним из способов получения информации о фитосанитарном состоянии сельскохозяйственных культур, картирование местности по степени распространения вредных объектов является дистанционное зондирование поверхности Земли, в основу которого положена многоспектральная аэрокосмическая съемка. Для ее проведения используются геостатические отечественные и зарубежные спутники, которые позволяют производить съемки с разным пространственным разрешением. Стоимость космической мультиспектральной съемки зависит от пространственного разрешения, сроков получения снимков интересующих участков поверхности Земли, площади съемки, количества каналов съемки. Для большинства спутников минимальная коммерческая площадь съемки составляет 25 кв. км. При

пространственном разрешении от 0.3 до 1 метра, архивной информации более 90 дней и мультиспектральной съемки с использованием 4 или 8 каналов средняя стоимость получаемой информации с 1 кв. км составляет от 1000–1200 рублей, а новая съемка меньше 90 дней 1600–1800 рублей за кв. км. Для практической службы защиты растений дистанционное зондирование поверхности с использованием аэрокосмической съемки не подходит по следующим причинам: невозможность оперативного получения информации о фитосанитарной обстановке на конкретных агроландшафтах сельхозугодий, зависимость качества и возможности проведения съемки от метеорологических условий в момент пролета космического аппарата над заданной поверхностью, высокая стоимость аэрокосмической мультиспектральной съемки. Дистанционное зондирование поверхности Земли с помощью аэрокосмической съемки в области защиты растений представляет интерес для составления карт ареала распространения вредоносных видов сорной растительности, особо опасных вредителей (мышевидные грызуны, саранчовые) [Лысов А.К., Яковлев А.А., 2017]. Так ЦКУ «КосмоИнформ- Центр» ГУАП проведены исследования зависимости спектральной плотности энергетической яркости и коэффициентов спектральной яркости 17 элементов борщевика Сосновского в различных фазовых состояниях растения. На основании полученных данных был разработан вегетационный индекс борщевика Сосновского, позволяющий определить территорию произрастания данного вида в районах Ленинградской области по результатам аэрокосмической съемки [Рыжиков Д.М., 2017]. С помощью ГИС технологий специалистами ВИЗР разработаны векторные карты на более 720 вредоносных объектов на территории РФ и сопредельных государств, которые широко используются в практике при проведении фитосанитарного мониторинга.

Для практической службы защиты растений, при переходе на современные технологии дистанционного мониторинга, дающие возможность определять пространственную неоднородность распределения вредных объектов в агроландшафтах сельскохозяйственных угодий, а так же для оперативного принятия решений о необходимости проведения защитных мероприятий в сжатые агросроки, лучше всего использовать сверхлегкие и беспилотные летательные аппараты, оснащенные цифровой аппаратурой для аэрофотосъемки. Использование сверхлегких или беспилотных летательных аппаратов имеет целый ряд преимуществ по сравнению с применением самолетов и вертолетов, а именно:

- высокая мобильность и возможность их использования без наличия аэродромов, быстрая подготовка к полетному заданию по маршруту;
- более экономичны из-за малого расхода топлива и других энергетических ресурсов в сравнении с самолетами;
- по своим летно-техническим характеристикам обеспечивают возможность установки спутниковой системы навигации и цифровых фотокамер с высокой разрешающей способностью.

Для технологий дистанционного мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных угодий ведутся разработки программного обеспечения для автоматизированных систем обработки получаемых изображений. Использование специальных программ дает возмож-

ность заменить визуальную дешифрацию изображений на автоматизированную.

Автоматизированная система дешифрации многоспектральной аэрокосмической съемки содержит несколько блоков. Блок для предварительной автоматизированной обработки полученной информации с переводом ее в карт проекцию. Блок для тематической обработки аэрокосмической съемки интересующей поверхности, включающего дешифрацию изображений на основе введенных баз данных классификаций объектов. Блок хранения и обмена данных, в который вводится база данных для конкретно решаемых задач многоспектральной аэрокосмической съемки. Данный блок также содержит архив данных и обеспечивает обмен данными с выходом на блок визуализации полученных результатов. Для обработки получаемых изображений аэрокосмической съемки дистанционного зондирования Земли разработано программное обеспечение, включающие следующие базовые программы: ПО ERDAS IMAGINE Professional и Scanex Image Processor – программное обеспечение обработки данных дистанционного зондирования Земли и интеграции полученных результатов в геоинформационную систему (ГИС); ПО Scan Magic – программное обеспечение предварительной обработки и каталогизации данных; ПО ArcGIS – программные продукты для создания, управления, анализа и визуального представления пространственных данных; ПО Geo Mixer и Geo Server- Web-GIS публикации данных для удаленной работы [Орешкина Л.В., 2005; Пятницкий М.А., 2011]

В отличие от визуальной, автоматическая дешифрация аэрофотоснимков дает возможность ускорить и облегчить обработку информации, получаемой при использовании дистанционных методов фитосанитарного мониторинга геокодированных участков поверхности сельскохозяйственных угодий. Автоматическая дешифрация имеет целый ряд преимуществ перед визуальной обработкой снимков:

- высокая точность и оперативность получения информации;
- возможность обработки большого объема снимаемой информации;
- создание и использование баз данных анализируемых объектов;
- возможность сопоставления полученных результатов и их анализа;
- использование для дешифрации алгоритма цифровой квалификации;
- возможность разложения зеленого цвета на 100 оттенков, что не может выполнить человеческий глаз.

Алгоритм автоматизированной дешифрации аэрофотоснимков основан на выделении площадных структур или обнаружение изменений от эталонных образцов объекта с помощью анализа характеристик пространственного распределения пикселей на изображении. Данный метод анализа базируется на использовании классификации, в которой имеется множество структурных объектов, разделенных по определенным критериям на классы. Имея в базе данных конечное множество объектов, для которых известно к каким классам они относятся, то есть иметь основу для выборки, можно автоматически вычлени с изображения обнаруженный объект.

В настоящее время для автоматической дешифрации получаемых снимков создан классификатор сельскохозяйственных земель и культур (рис.1). В нем в рубрикаторе

виды ЗСП/классовые признаки		Пашня (коллекция)								
		зерновые и хлебные злаки	бобовые	крахмалоносные	сахароносные	масличные	бахчевые	технические	волокнистые	лекарственные
мелiorационные признаки	заболоченность									
	подтопленность									
	деградирование и эрозия почв									
	опустынивание									
фитосанитарные признаки	засорённость									
	качество всходов									
	болезни									
	повреждение вредителями									
	засоренность (сорная и др. растительность)									
	оценка состояния в период роста									
зрелость										
готовность к сбору										

Условные обозначения: В-выборка

Рисунок 1. Классификатор состояния сельскохозяйственных земель и культур

фитосанитарных признаков указаны классы, болезни поражения, вредители, засоренность (сорная и другая растительность) В каждом классе содержится коллекция эталонных фотоснимков вредоносных объектов по следующим культурам: зерновые и хлебные злаки, бобовые, крахмалоносные, сахароносные, бахчевые, технические, волокнистые, лекарственные. Представленные в данном классификаторе базы данных являются недостаточно полными и, самое главное, при анализе не учитывают экономические пороги вредности для принятия решения об экономической целесообразности проведения мероприятий по защите растений.

В настоящее время наиболее технологически проработана для практического применения технология борьбы с сорной растительностью, когда съем данных о фитосанитарном состоянии посевов, их обработка и управление опрыскивателем проводится в одном технологическом проходе. При данном технологическом решении нет необходимости использовать глобальную систему позиционирования. Специальные датчики (сенсоры), установленные на опрыскивателе или энергетическом средстве, снимают информацию о количестве сорняков или плотности засоренности и передают ее на бортовой компьютер опрыскивателя. Полученные данные обработки снимаемой информации поступают в систему управления рабочими органами опрыскивателя для дискретного внесения гербицидов. Следует отметить, что для реализации данного технологического решения необходимо учитывать скорость обработки получаемой информации, расстояние между сенсором и исполнительным механизмом рабочих органов опрыскивателя для поступления сигнала на внесение средств защиты растений в нужном месте. Для съема информации используются оптические или оптоэлектронные датчики.

Для достоверности получаемой информации и обоснованности принимаемого решения надо учитывать, что система датчиков должна обследовать определенный размер

площади, чтобы с достаточной точностью можно оценивать плотность сорных растений и экономические пороги вредности. Из всех испытанных наземных систем сенсоров для определения плотности засоренности сорными растениями следует выделить две системы, которые могут иметь практическое значение:

- системы на основе оптических или оптоэлектронных датчиков;
- системы на основе цифровой дешифровки снимков.

Системы с использованием оптических или оптоэлектронных датчиков распознают наличие сорняков в посевах культурных растений, а системы на основе цифровой дешифровки снимков дают возможность их классифицировать по видовому составу на основе геометрических признаков, цветовой окраске и текстуре. При использовании первой системы после принятия решения применяются общеистребительные гербициды, а при определении видового состава сорной растительности для отдельных групп вредоносных сорняков может подбираться гербицид избирательного действия и необходимая норма расхода рабочей жидкости. **Оптические** или **оптоэлектронные датчики** работают по принципу рефлексии. Их работа основана на том, что свет почвой по другому рефлектируется, чем растениями. Красный свет (600 ... 700 нм) сильно поглощается хлорофиллом, а близко-инфракрасный свет (750 ... 1000 нм) сильно рефлектируется. Рефлексия почвой или мертвыми растительными частями возрастает постепенно по всему спектру (рис. 2).

Испытания данных систем выявила целый ряд их недостатков:

- наблюдается искажение сигналов датчиков или сенсоров в зависимости от освещенности или затенения обследуемых участков поля, особенно в весенний и осенний период работы в утренние и вечерние часы, когда не хватает освещенности для эффективной работы датчиков;

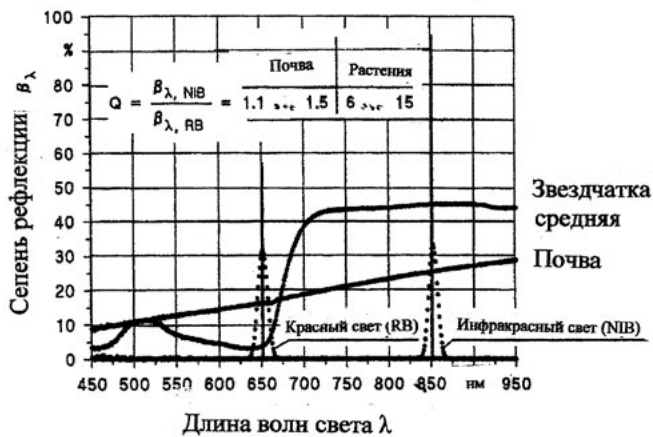


Рисунок 2. Соотношение  $Q$  составляет для почвы – 1.1 ... 1.5, а для зеленых растений – 6 ... 15

– снижается эффективность распознавания сорняков, когда имеются перекрытия, сорняками разных видов друг друга или сорняка культурным растением.

Вместе с тем, ряд отечественных и зарубежных исследователей считают, что наиболее перспективным направлением работ по ранней дистанционной диагностики болезней растений на начальных этапах их развития является использование оптико-электронных датчиков, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра. В настоящее время получены первые положительные результаты по созданию технологий способных улучшить диагностику заболеваний, на основе применения оптико-электронных приборов, работающих в видимой и инфракрасной областях спектра, и позволяющих проводить раннюю дистанционную диагностику болезней растений на начальных этапах их развития. Если в оптическом диапазоне длин волн объекты и среды видны в отраженных лучах при освещении солнцем, то в инфракрасном диапазоне возможна регистрация собственного теплового излучения объектов. Поэтому тепловые изображения могут быть чрезвычайно ценными для выявления массивов сельскохозяйственных растений или лесов, пораженных вредителями и болезнями. Например, инфракрасная термография предложена для ранней диагностики корневой гнили бразильской гевеи (*Hevea brasiliensis*), вызываемой грибом *Rigidoporus microporus*, и используемой в качестве сырья для натурального каучука. С ее использованием показано, что температурные показатели зараженных деревьев выше, чем у здоровых деревьев, в связи с чем, можно продиагностировать большую площадь плантаций на предмет раннего выявления больных деревьев (2014, Bridgestone). Специалистами ВИЗР, совместно с ЗАО «Агроботехнология» апробирован дистанционный метод определения развития кагатной гнили в буртах с помощью тепловизора. Данный метод показал высокую эффективность по раннему выявлению очагов развития кагатной гнили при хранении сахарной свеклы.

С большой вероятностью, можно предположить, что данная дистанционная диагностика будет работать и на других сельскохозяйственных культурах, зараженных фитопатогенами. Методологические подходы по оценке спектральных коэффициентов излучения базируются на том, что здоровые образцы растений будут иметь характерные отличия от зараженных растений либо в одном из узких спектральных диапазонов видимой и ближней инфракрасной областях спектра по спектральному коэффициенту от-

ражения, либо в одном из сравнительно узких спектральных диапазонов в дальней инфракрасной области спектра по спектральному коэффициенту излучения, либо одновременно и там, и там.

При совместной работе специалистов ВИЗР и ГУАП по разработке дистанционных методов съема информации о гетерогенности распределения сорной растительности на участках поля был предложен новый метод обработки получаемых изображений при геокодированной съемки участков поля с использованием сверхлегких летательных аппаратов. Поскольку форма и цвет сорной растительности разнообразны, автоматизированное ее выделение на исходном изображении представляет собой весьма нетривиальную задачу. Проще решить обратную задачу. Как правило, посеы имеют однородно-периодическую структуру и сильно контрастируют с окружающими объектами, следовательно, необходимо удалить с исходного изображения именно основную культуру, а затем определять степень поражения поля.

Для преобразования исходного изображения в частотную область используется прямое дискретные преобразование Фурье.

Главное достоинство дискретного преобразования Фурье заключается в простоте его реализации на компьютерах. Существуют специальные алгоритмы быстрого Фурье преобразования, позволяющие резко уменьшить время проведения дискретного Фурье преобразования, т.к. в них отсутствуют операции суммирования с бесконечными пределами и вычисления интегралов. Кроме того, дискретное преобразование Фурье идеально подходит для изображений растровой графики.

При анализе исходных изображений и их представлений в спектральной области можно видеть, что объекты с периодической структурой в Фурье-образе дают ярко выраженные светлые пятна на некотором удалении от начала координат, тогда как у не периодических объектов такие пятна отсутствуют. Это свойство преобразования Фурье и используется для анализа сельскохозяйственных полей с посевами периодической структуры.

На Фурье-образах реальных фотографий сельскохозяйственных полей, также как и в случае с изображением чередующихся светлых и темных вертикальных полос, можно наблюдать ярко выраженные светлые пятна, появление которых связано с тем, что яркость основной массы растений меняется в небольшом диапазоне частот. Расстояние от начала координат Фурье-образа до центра этого пятна определяет среднюю частоту, с которой изменяется яркость основной культуры на исходном изображении. При фильтрации (удалении) это пятна в Фурье-образе фильтруется и основная культура на исходном изображении. При этом другие объекты исходного изображения, яркость которых меняется с другой частотой, остаются нетронутыми. Таким образом, задача отделения основной культуры от других объектов на изображении сводится к нахождению оптимального фильтра для подавления периодического шума, вносимого основной культурой (в данном случае именно основная культура является нежелательным шумом, от которого следует избавиться).

После фильтрации Фурье-образа оптимальным режекторным фильтром на исходном изображении остаются только пораженные области, по площади которых легко определить степень зараженности поля и принять решение

о необходимости поведения дифференцированного внесения средств защиты растений. Кроме того, по координатам местоположения участков засоренности можно составить карту и определится оптимальный маршрут движения летательного аппарата или опрыскивателя с бортовым компьютером, что дает возможность избирательного внесения средств защиты растений и, как следствие, уменьшение загрязнения окружающей среды [Лысов А.К., Федченко В.Г. 2015, Манылов И.В., 2009, Манылов И.Ф., Федченко В.Г., 2011].

Работа выполнена в рамках гос. задания №0665-2018-0009.

### Библиографический список (References)

- Лысов А.К. Новые технологии по дистанционному съему диагностической информации. Защита и карантин растений. 2016, N 12. С. 31–33. <https://elibrary.ru/item.asp?id=28360443>
- Лысов А.К., Федченко В.Г. XVIII International Plant Protection Congress 24–27 August 2015/ Berlin (Germany). «New approaches for remote reading the information on the heterogeneity of the distribution of weeds in the areas of the field for a application of plant protection products»;
- Лысов А.К., Яковлев А.А., Бабич Н.В., Дудко В.Г., Воробьев Ю.Д. «Геоинформационные технологии в защите растений» Международный Агропромышленный Конгресс «Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках. СПб.: 2017. С. 59–61
- Манылов И.В. Сравнение алгоритмов дешифрации аэрофотоснимков земель сельскохозяйственного назначения // Информационно-управляющие системы. – 2011. N 3. С. 24–29.

Из проведенного анализа следует, что в настоящее время активно ведутся исследования по совершенствованию дистанционных методов получения и обработки информации о пространственной неоднородности распределения вредных объектов в агроценозах сельскохозяйственных культур. Данные исследования направлены на создание интеллектуальных систем для принятия решения с точки зрения экономической целесообразности и экологической безопасности проведения защитных мероприятий в системах точного сельского хозяйства.

- Манылов И.В., Федченко В.Г. Множественность подходов к определению дистанционного зондирования // Научная сессия ГУАП. – Часть 1. 2009. С. 26–27.
- Орешкина Л.В. Обнаружение и распознавание класса объектов на многозональных изображениях дистанционного зондирования // Информатика. N 2. 2005. С. 79–85.
- Пятницкий М.А. Распознавание образов и биоинформатика [Электронный ресурс]. URL: [http://bioinformatics.ru/Data-Analysis/patrecog\\_bioinf.html](http://bioinformatics.ru/Data-Analysis/patrecog_bioinf.html) (дата обращения: 21.01.2011).
- Рыжиков Д.М. Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задач контроля зон произрастания борщевики Соновского. ж-л Информационно-управляющие системы 2017, N 6. С. 43–51)
- Шпаар Д., Захаренко А., Якушев В., Арефьев В., Ауерхаммер Х., Брунс Р., Вагнер П., Вартенберг Г. и др. Точное сельское хозяйство (PRECISION AGRICULTURE) под редакцией Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева, Санкт-Петербург – Пушкин, 2009, 397 с.

### Translation of Russian References

- Lysov A.K. New technologies for distant-indicating of diagnostic information // Zashchita i karantin rastenii. 2016, N 12. P. 31–33. (In Russian).
- Lysov A.K., Yakovlev A.A., Babich N.V., Dudko V.G., Vorobyov Yu.D. Geographic Information technologies in plant protection. In: Mezhdunarodnyi Agropromyshlennyi Kongress Povyshenie konkurentosposobnosti rossijskoj selskohozyajstvennoj produkcii na vnutrennih i vneshnih rynkah. St. Petersburg. 2017. P. 59–61. (In Russian).
- Manylov I.V. Comparison of algorithms of decoding of aerial photographs of agricultural lands // Informatsionno-upravlyayushie sistemy. 2011. N 3. P. 24–29. (In Russian).

- Manylov I.V., Fedchenko V.G. Multiplicity of approaches to the definition of remote sensing // Nauchnaya sessiya GUAP. Part 1. 2009. P. 26–27. (In Russian).
- Oreshkina L.V. Detection and identification of class of objects in multispectral images, remote sensing // Informatika. N 2. 2005. P. 79–85.
- Ryzhikov D.M. Method of processing multispectral satellite data for solution of tasks of control of zones of growth of Hogweed // Informatsionno-upravlyayushie sistemy. 2017, N 6. P. 43–51. (In Russian).
- Shpaar D., Zakharenko A., Yakushev V., Arefiev V., Auernhammer H., Bruns R., Wagner P., et al. Precision agriculture. Edited by D. Spaar, A.V. Zakharenko, V.P. Yakushev. St. Petersburg-Pushkin. 2009. 397 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 3(97), p. 5–9

## METHODOLOGICAL APPROACHES FOR SOLVING PROBLEMS OF DISCRETE INTRODUCTION OF PESTICIDES

A.K. Lysov

*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

The methodological approaches in the development of remote methods of pickup and processing of information on small-scale heterogeneity of the distribution of harmful objects in agricultural landscapes are considered for differentiated application of plant protection products. The data on the use of information technologies, optoelectronic sensors, optical systems, models and software for remote sensing of the Earth surface using spacecraft, ultralight and unmanned aerial vehicles are reviewed. It is shown that the differentiated introduction of plant protection products is impossible without solving the problems of automated decoding of the resulting images of the spatial distribution of harmful objects in the field.

**Keywords:** remote sensing, decoding, discrete introduction, plant protection means, optoelectronic sensor, aerospace survey, reflection.

### Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 Лысов Анатолий Константинович. Руководитель лаборатории, кандидат технических наук, e-mail: [lysov4949@mail.ru](mailto:lysov4949@mail.ru)

### Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 Lysov Anatoly Konstantinovich. Head of laboratory, PhD in Technics, e-mail: [lysov4949@mail.ru](mailto:lysov4949@mail.ru)