

А. В. Абросимов (компания «Совзонд»)

В 1992 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «география». Работал руководителем вузовско-академической лаборатории Курганского государственного университета и Института географии РАН. В настоящее время — заместитель главного инженера компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

О. С. Сизов (компания «Совзонд»)

В 2005 г. окончил Алтайский государственный университет по специальности «эколог-природопользователь». В настоящее время — старший инженер направления тематической обработки данных ДЗЗ компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

Р. Е. Кива (Российский центр государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения Минсельхоза России)

В 2004 г. окончил Курганский государственный университет, кафедра географии и природопользования. В настоящее время — заместитель директора ФГБУ «Российский центр государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения».

Практические подходы к дешифрированию объектов мелиоративных систем и гидротехнических сооружений

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТ

Основной целью мелиорации сельскохозяйственных земель является расширенное воспроизводство плодородия почвы, получение оптимального урожая сельскохозяйственных культур при экономном расходовании ресурсов, недопущение или компенсация ущерба природным системам и землепользователям.

В России впервые научно обоснованную мелиорацию больших территорий предложил создатель российской школы почвоведов В.В. Докучаев в конце XIX века. В период максимального развития мелиоративных работ (1967–1985 гг.) на территории бывшего СССР площадь орошаемых земель достигала 19,9 млн. га, а осушаемых — 15,5 млн. га. [2]. К 2013 г. площадь мелиорации сократилась до 8902,187 тыс.га (4251,384 тыс. га — орошение, 4650,803 тыс. га — осушение).

При этом свыше половины оросительных систем (2,4 млн. гектаров) нуждается в проведении работ по реконструкции и техническому перевооружению [4].

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 37-р была принята федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы», в рамках которой предполагается проведение технических, организационных, экологических, технологических и хозяйственных мероприятий по восстановлению и модернизации существующих, а также созданию новых мелиоративных систем [4]. Необходимость реализации данной программы определяется критической ситуацией в сфере мелиорации РФ, сложившейся на фоне недостаточного внимания государства к строительству, ремонту и эксплуатации мелиоративных систем начиная с 90-х годов

прошлого века. Засуха 2010 г. особенно отчетливо продемонстрировала всю критичность ситуации.

В этих условиях видится целесообразным внедрение инновационных методов инвентаризации и мониторинга, одним из которых является применение дистанционных данных - космических снимков Земли из космоса. В данной работе рассматриваются практические подходы по использованию космических снимков для картирования и оценки состояния мелиоративных систем (МС) и гидротехнических сооружений (ГТС), а также контроля работ по их строительству, ремонту и эксплуатации.

ТЕРРИТОРИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Обработка подходов дешифрирования проводилась на примере территории Рязанской области. Здесь по состоянию на 01.01.2012 г. насчитывается 297 мелиоративных систем, в том числе осушительных — 194, оросительных — 103. Общая площадь мелиорированных земель составляет 125,5 тыс. га, из них орошаемых — 27,9 тыс. га, осушенных — 96,8 тыс. га. Все мелиоративные системы введены в эксплуатацию 25 и более лет назад и практически выработали свой ресурс [1].

На территории области для детального анализа были выбраны 3 эталонные мелиоративные системы (рис. 1):

1. «Красная Заря — Варские — Шумашь» — осушительная.
2. «Кормовые угодья — Тинки» — осушительно-обводнительная
3. «Овощевод» — осушительно-обводнительная.

Данные системы характеризуются расположением в пределах Мещерской низины, одного из самых активных в прошлом объектов мелиорации в СССР [3], хорошей транспортной доступностью, разнообразием при-

родных условий, а также сочетанием основных элементов мелиоративных систем на ограниченной территории.

Проектное задание осушения под сенокосные угодья и пашню было составлено Мещерской экспедицией «Росгипроводхоз» в 1955 г. Изначально осушение участков планировалось проводить каналами глубиной 2 м, расположенными на расстоянии 200 м. При реконструкции на отдельных участках открытая осушительная сеть была заменена на закрытую коллекторно-дренажную сеть.

Главной причиной заболачивания является высокий уровень стояния грунтовых вод. Преобладающая глубина их залегания составляет 0,5–1,0 м, средняя по территории мощность торфа — 1–2 м. Питание водоносного горизонта происходит, главным образом, за счет инфильтрации талых и паводковых вод р. Оки, а также за счет атмосферных осадков и притока подземных вод со стороны водораздельных массивов. Общее направление грунтового потока — с северо-востока на юго-запад [1].

Водоприемниками осушительных систем служат пруд-накопитель, магистральный канал О-1, который впадает в реку Ока и непосредственно р. Ока. Сопряжение бьефов каналов в местах перегибов склонов осу-



Рис. 1. Обзорная карта расположения района работ (отмечен штриховкой)

ществляется с помощью шлюзов-регуляторов, которые одновременно являются переездами. Наполнение пруда-накопителя также осуществляется через шлюз-регулятор.

Участки мелиорации в настоящее время в отдельных местах заросли древесно-кустарниковой растительностью, в связи с чем затруднена работа открытых проводящих каналов и закрытый дренаж. Отвод воды с объекта по магистральным каналам осуществляется ФГУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз», которое на протяжении последних лет проводит работы по модернизации и расчистке мелиоративных систем.

ХОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В общем виде работы по дешифрированию объектов МС и ГТС можно разделить на следующие этапы:

1. Получение и предварительная обработка космических снимков с заданными параметрами на всю территорию исследований.
2. Сбор и преобразование в электронный вид архивных материалов (схем и паспортов МС).
3. Проведение полевых работ по обследованию ключевых объектов и установлению дешифровочных признаков для каждого типа объектов.
4. Выполнение в камеральных условиях дешифрирования объектов МС и ГТС на основе установленных прямых и косвенных признаков.

Рассмотрим подробнее каждый из перечисленных выше этапов.

1. Получение покрытия космических снимков

Все многообразие космической съемки принято классифицировать по трем основным критериям: по спектральному диапазону, по технологии получения изображения и по пространственному разрешению.

Для дешифрирования и мониторинга состояния мелиоративных систем наиболее предпочтительно использование оптических панхроматических и мультиспектральных снимков сверхвысокого, высокого и среднего пространственного разрешения.

Мультиспектральные космические снимки сверхвысокого разрешения (0,5–2 м/пикс.) позволяют уверенно распознать многие виды наземных элементов мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, в том числе каналы, отрегулированные водоприемники, пруды и водохранилища, плотины и дамбы, а также поверхностные дрены, коллекторы, водозаборные пункты, мосты и трубопереезды. Кроме этого при такой детальности съемки хорошо дешифрируются объекты бытового и промышленного строительства — постройки всех типов, опоры линий электропередач и т.п. находящиеся в непосредственной близости от элементов МС.

В рамках данного исследования были использованы космические снимки QuickBird, GeoEye-1, WorldView-2 и Pleiades. Территория работ была покрыта мультиспектральными изображениями с разрешением на местности не хуже 1 м за период август–сентябрь 2004–2013 гг. (рис. 2). Типы съемочных систем и даты съемки представлены в табл. 1.

Космические снимки высокого разрешения (2–10 м/пикс.) так же могут использоваться в целях инвентаризации состояния различных типов каналов, прудов, водохранилищ, плотин и дамб. С использованием данных снимков существует возможность как визуального, так и автоматического определения таких параметров как протяженность и ширина канала, наличие и тип зарастания, наличие участков сужения русла, разрушения береговых укреплений, плотин, дамб и т.д.

Мультиспектральные космические снимки среднего разрешения (10–30 м/пикс.), обладающие высокой временной повторяемостью, могут быть использованы для оценки

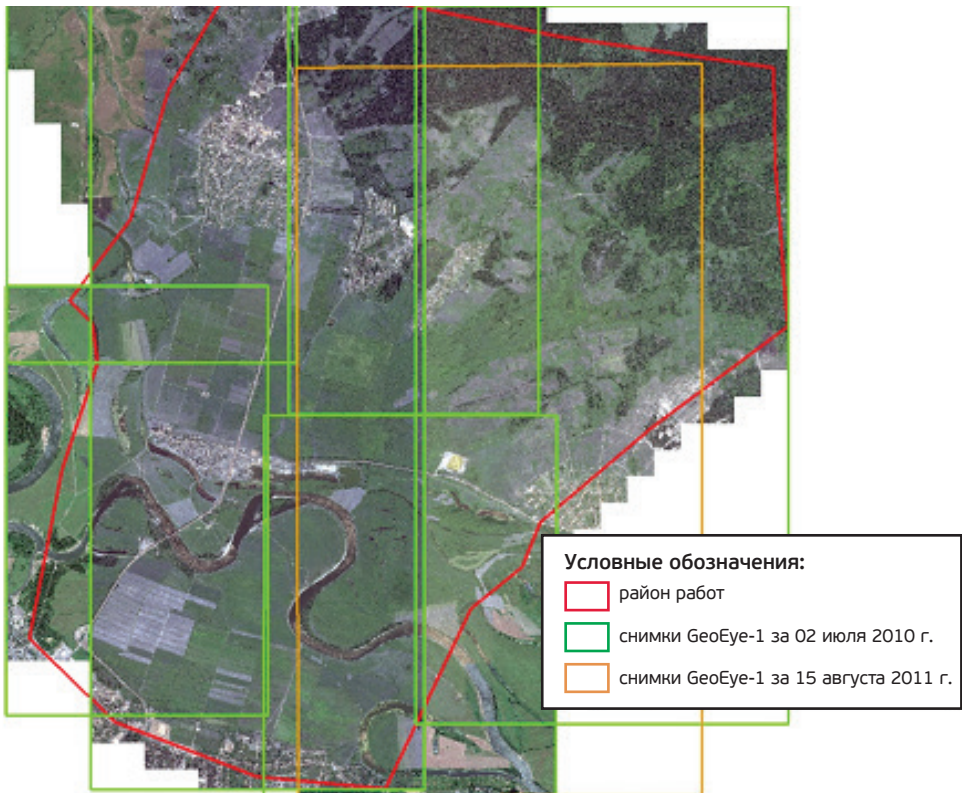


Рис. 2. Пример покрытия района работ снимками НА GeoEye-1 за 2010–2011 гг.

Спутник	Дата съемки
QuickBird	19.08.2004
	04.09.2009
GeoEye-1	02.07.2010
	15.08.2011
WorldView-2	15.08.2012
Pleiades	09.08.2013

Табл. 1. Даты съемки территории рассматриваемых мелиоративных систем

состояния растительности осушаемых (орошаемых) участков через определение объема активной фитомассы. Эти значения могут служить косвенными признаками эффективности функционирования мелиоративной системы в течение вегетационного периода.

Все полученные снимки для обеспечения качества тематических работ прошли следующие процедуры предварительной обработки: геометрическую коррекцию (ортотрансформирование), создание изображений в различных вариантах цветового синтеза (видимые и инфракрасные цветы), подстройку гистограммы под различные типы объектов (инфраструктура, растительность), трансформирование растровых файлов в заданную систему координат, а также создание мозаичных покрытий.

Необходимо отметить, что фотограмметрическая обработка современных данных дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения (0,5–2 м/пикс.) с использованием сопровождающих их коэффициентов рационального многочлена, приближенно описывающих модели камеры и общедоступных моделей рельефа позволяет получать ортоизображения высокой геометрической точности. Фактически это означает, что по снимкам WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1

и Pleiades без использования наземной опорной информации можно создавать ортофотопланы, соответствующие по точности М 1:10 000 (СКО 5 м на местности).

2. Сбор и преобразование архивных материалов

Схемы мелиоративных систем в большинстве случаев представляют собой планы внутрихозяйственного использования земель с нанесенными элементами мелиоративных систем, а также площадей орошаемых и осушаемых земель (рис. 3). В основном они представлены в бумажном, реже в отсканированном виде. Для сканирования бумажных схем предпочтительнее пользоваться широкоформатными сканерами, хотя могут быть использованы и офисные сканеры форматов А4–А3. Строгих требований к геометрической точности сканирования нет, но использование узкоформатных сканеров существенно увеличивает затраты времени и труда на сканирование и сшивку фрагментов крупных схем.

Сканы геокодируются к ранее подготовленным космическим снимкам с использованием инструментов пространственной привязки, например в ArcMap (рис. 4), указанием



Рис. 3. Фрагмент схемы мелиоративных систем



Рис. 4. Геопривязка схемы мелиоративных систем в ПО ArcGIS (красными линиями обозначены GPS-треки полевых маршрутов)

хорошо различимых опорных точек на схеме и снимках-перекрестков дорог, каналов и пр. Количество опорных точек и метод трансформирования зависит от качества сканов и выбирается оператором.

Геометрическое качество большинства отсканированных схем по Рязанской области можно оценить как низкое, что связано с особенностями составления, низкой актуальностью материалов, старением твердой копии, погрешностями сканирования и т.д.

Паспорта МС и ГТС представляют собой многостраничные бумажные документы, имеющие существенные расхождения в оформлении в зависимости от региона, времени заполнения и других причин. Основная часть информации представлена в виде печатных форм, однако нередко встречаются паспорта в письменном виде, что затрудняет машинную обработку.

В качестве примера можно привести паспорт системы «Красная Заря — Варские — Шумашь», который представляет собой 15-ти страничный документ, состоящий из следующих разделов:

- * оценочная стоимость к паспорту осушительной системы (сети) в хозяйстве;
- * ведомость технического состояния и балансовой стоимости осушительной системы (сети) в хозяйстве:
 - I. Основные показатели осушительной системы (сети) в хозяйстве.
 - II. Отрегулированные водоприемники.
 - III. Магистральные и другие проводящие каналы.
 - IV. Оградительные (нагорные, ловчие) каналы. Защитные валы (дамбы). Открытая регулирующая сеть.
 - V. Сооружения на водоприемниках и открытой осушительной сети.
 - VI. Закрытая осушительная сеть и сооружения на ней.
 - VII. Насосные станции (установки) для перекачки воды.

VIII. Водомерные устройства для измерений расходов воды и наблюдений за уровнем режимом.

IX. Эксплуатационные дороги.

X. Подъездные дороги от хозяйственных центров к осушительным сетям.

Во всех случаях (за исключением уже имеющих оцифрованных данных) необходимо преобразование паспортов МС в электронную форму и внесение информации в атрибутивную составляющую базы геоданных.

3. Проведение полевых обследований

В соответствии с общей методикой дистанционных исследований после сбора информации и предварительного анализа ситуации выполнялось полевое обследование ключевых участков в целях установления дешифровочных признаков объектов МС и ГТС. На ключевых участках (маршрутах) отбиралась вся необходимая информация об объектах путем описания, измерения, отбора образцов, фотосъемки. В ходе работ на снимке или карте фиксируется местоположение эталонных участков.

Полевое обследование объектов мелиоративных систем «Красная Заря — Варские — Шумашь» и «Тинки — Московская» состоялось 12 ноября 2013 г. (рис. 5). Были осмотрены, сфотографированы, описаны и отмечены на картах и в спутниковых навигаторах следующие типы объектов:

1. отрегулированные водоприемники (водохранилища, пруды);
2. магистральные, проводящие, регулирующие, оградительные (нагорные, ловчие) осушительные каналы;
3. оросительные каналы;
4. открытые коллекторы;
5. защитные валы (дамбы), плотины;
6. грунтовые и шоссейные дороги;
6. мосты и трубопереезды;

7. водозаборы, насосные станции;
8. свалки ТБО и иные несанкционированные объекты;
9. участки проведения ремонтных и строительных работ;
10. участки проведения работ по расчистке каналов;
11. участки заболачиваний и подтоплений

В ходе работ детально осмотрены участки каналов, подверженных эрозионным процессам, зарастанию, заилению и антропогенным изменениям.

4. Выполнение дешифрирования МС и ГТС

В рамках данных работ были использованы визуальные и автоматизированные методы дешифрирования данных ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения.

К преимуществам визуального метода дешифрирования можно отнести:

- ✦ легкость получения пространственной информации;
- ✦ одновременное использование всей совокупности дешифровочных признаков



Рис. 5. Схема полевых маршрутов (номера точек соответствуют номерам описанных эталонов)

(в особенности косвенных признаков) на основе логического мышления и интуиции дешифровщика.

К преимуществам автоматизированного метода дешифрирования можно отнести:

- ✦ возможность преобразования яркостей цифровых снимков;
- ✦ возможность выполнения математических операций.

Сопоставление результатов полевого обследования и материалов космической съемки позволило выделить дешифровочные признаки для всех типов объектов МС и ГТС, перечисленных выше. Признаки составили атлас дешифрирования мелиоративных систем, включающий космические изображения, фотографии и описание объектов. В качестве примера можно привести признаки визуального выделения осушительных каналов различных категорий.

Каналы представляют собой протяженные линейные объекты, благодаря чему они легко дешифрируются по ДДЗ высокого разрешения. Предпочтительней всего использовать синтез с ближним ИК каналом, т.к. в ближнем ИК канале вода максимально поглощает солнечную энергию и открытые заполненные водой каналы четко выделяются на фоне окружающих ландшафтов.

В связи с тем, что каналы как понижения рельефа служат ловушкой для семян, бровки часто зарастают древесно-кустарниковой и травянистой растительностью (рис. 6, 7, 8). Поэтому, при отсутствии профилактических и ремонтных мероприятий, каналы оказываются в тени или полностью под пологом крон, что делает возможным дешифрирование только по косвенным признакам — расположение в пределах линейных полос древесной растительности. В таких случаях, безусловно, затруднено измерение ширины канала и дешифрирование объектов ГТС.

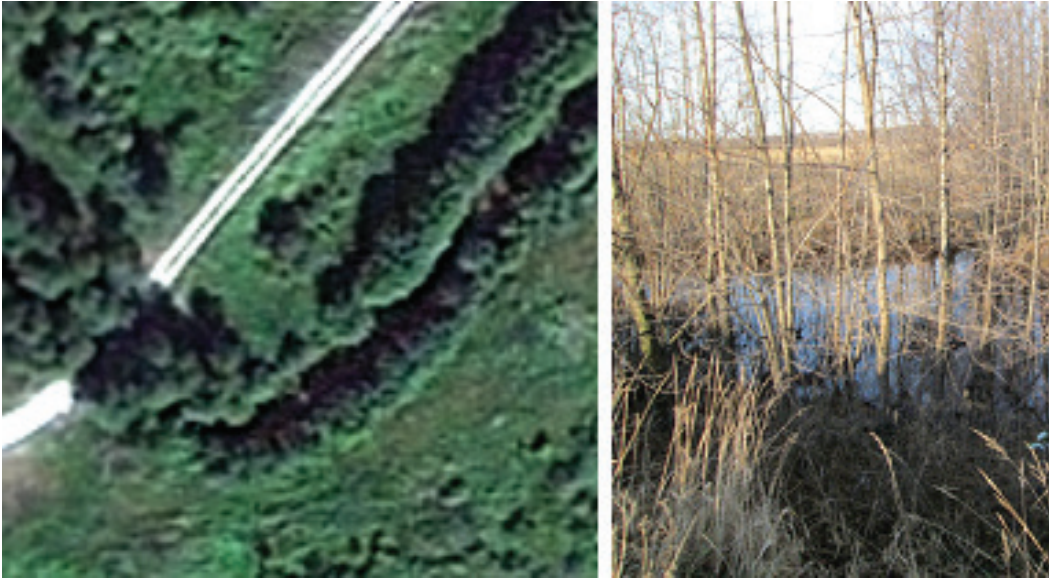


Рис. 6. Канал 1-ОГД, заросший древесной растительностью. МС Красная Заря (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г.)



Рис. 7. Оросительный канал, заросший кустарниковой растительностью. МС Красная Заря (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г., фото с точки 35)



Рис. 8. Зарастание макрофитами канала 6-ОГД (слева — космический снимок GeoEye-1, справа — фото 2014 г.)

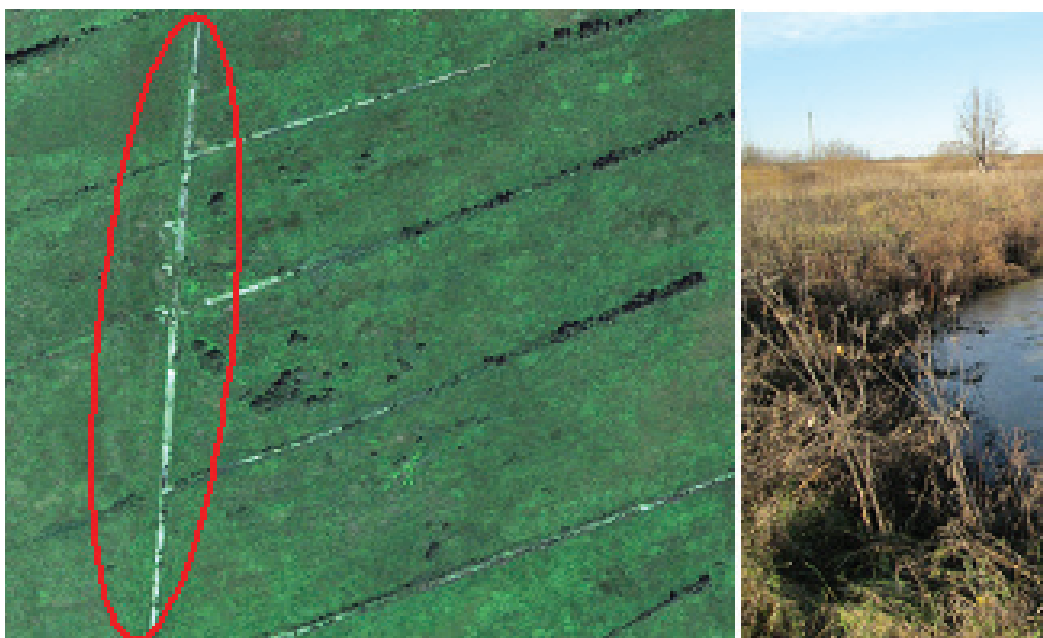


Рис. 9. Эвтрофирование каналов (слева – космический снимок GeoEye-1, справа – фото 2014 г.)

На возделываемых полях, где регулярно проводят чистки от зарастания, каналы выглядят как темные полосы, т.к. заполненные чистой водой поглощают солнечную энергию, а сухие затенены. Эвтрофированные каналы выглядят наоборот светлее (рис. 9), при этом смещаясь по цвету в светло-зеленую зону спектра на снимках в естественных цветах.

Оросительные каналы отличаются от прочих шириной и регулярным расположением (зачастую вдоль орошаемых полей через равное расстояние — около 100 м).

Автоматизированное дешифрирование с применением процедур автоматической классификации и сегментации частично использовалось для каналов с открытой водной поверхностью, прудов и водохранилищ, а также крупных дорог. Закрытые каналы и дренажи наносятся по схемам мелиорации.

Далее на основе паспортов и схем МС, а также на основе космических снимков происходит наполнение атрибутивной информацией векторных объектов. В частности для различных типов каналов из космических снимков может быть извлечены следующие параметры:

- * Протяженность и средняя ширина русла
- * Тип и процент зарастания
- * Наличие эвтрофирования
- * Наличие заиления
- * Наличие и число завалов, заломов
- * Наличие и число непреодолимых препятствий
- * Проявления экзогенных процессов
- * Число и площадь экзогенных форм
- * Типы и число объектов в водоохранной зоне
- * Наличие участков подтоплений
- * Изменения облицовки, наличие и площадь ремонтно-строительных работ

После полной векторизации объектов, входящих в мелиоративную систему, а также внесения всей атрибутивной информации выполняется ряд процедур геоинформаци-

онного анализа в целях установления связей между объектами МС и ГТС и прочими объектами (построение буферных зон в целях определения водоохранных зон, измерение расстояний от объектов строительства до элементов МС и т.п.).

Созданная база геопространственных данных помимо ее непосредственного использования в качестве информационного источника на всех уровнях контроля и управления, может служить основой для мониторинга состояния мелиоративной системы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе проведения работ по дешифрированию мелиоративных систем для каждого этапа были выработаны требования, уточнения, корректировки, которые составляют предмет обсуждения.

Наиболее подходящей для решения большинства поставленных задач является мультиспектральная космическая съемка сверхвысокого разрешения (0,5–1 м/пикс.). На ее основе с максимальной точностью выполняется векторизация объектов МС и ГТС, осуществляется геопривязка схем мелиоративных систем, определяется состояние объектов мелиорации и прослеживаются большинство происходящих изменений. Съемка высокого и среднего пространственного разрешения (2–30 м/пикс.) может применяться для оперативного выявления и мониторинга крупных изменений, а также при оценке эффективности функционирования мелиоративных систем.

Наименее трудоемким способом геометрической коррекции космических снимков является ортотрансформирование с использованием общедоступных моделей рельефа без применения опорной наземной информации. Такая технология позволяет создавать ортофотопланы М 1:10000 по снимкам сверхвысокого разрешения, ортофотопланы

М 1:25000 по снимкам высокого разрешения и ортофотопланы М 1:50 000 — 1:100 000 по снимкам среднего разрешения. Подобная детальность и точность вполне соответствуют целям проводимых исследований.

Для визуального анализа снимков, в т.ч. на этапе предварительных работ, оптимально представление мультиспектральных космических снимков в двух вариантах цветового синтеза — в естественных цветах и в сочетании с ближним ИК-каналом. Допустимы при этом два варианта подстройки гистограммы: под технические объекты мелиоративных систем и под растительность, для наилучшего отображения большинства объектов.

Геопривязка схем мелиоративных систем должна осуществляться с максимальной точностью, поскольку только по ним могут быть векторизованы подземные элементы (дрены, коллекторы и т.п.). Для внесения информации о мелиоративных системах и составляющих их элементах в атрибутивную составляющую базы геопространственных данных необходимо преобразование в электронную форму существующих паспортов МС. При этом особое внимание должно уделяться тем характеристикам, которые не соответствуют текущему положению и могут быть обновлены дистанционными способами.

Важным информационным ресурсом при проведении дешифрирования являются полевые работы, в ходе которых производится описание ключевых эталонных участков, заверка результатов предварительных работ, а также обеспечивается глубокое понимание специалистами в области дистанционного зондирования проблематики функционирования мелиоративных систем. Полевые работы могут быть включены в качестве промежуточного этапа перед стадией камерального дешифрирования в случае затруднений или слабого знакомства

специалистов с территориальными и отраслевыми особенностями, в случае значительного природного разнообразия, либо существенных изменений, произошедших с момента составления схем МС.

Визуальное и автоматизированное дешифрирование и векторизация объектов МС и ГТС, а также прочих объектов, взаимодействующих с ними, по ортофотопланам космических снимков должно проводиться с использованием подготовленной ГИС-модели на основе четко установленных дешифровочных признаков и с указанием заданного набора атрибутивных параметров (протяженность и ширина каналов, степень и тип зарастания, габариты мостовых переходов и т.п.).

В данном исследовании был очерчен круг уверенно выявляемых (дешифрируемых) объектов, в т.ч. автоматическими методами. На ряде примеров, в пределах модельных мелиоративных систем, показана возможность автоматического определения площади зарастания, уменьшения ширины русла каналов, образования заломов и завалов, установления фактов подтопления полей и т.д.

Оценка эффективности функционирования мелиоративных систем потенциально возможна через определение биопродуктивности посевов и мониторинг процессов переувлажнения и заболачивания сельхозугодий по спектральным индексам, рассчитываемым с использованием временных серий мультиспектральных снимков среднего разрешения. Данное направление в работе не рассматривалось, представляя предмет для будущих исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты работ показали, что объекты МС и ГТС могут быть успешно выявлены путем дешифрирования современных кос-

мических снимков. При этом перечень идентифицируемых объектов можно значительно расширить, используя для дистанционного анализа единовременное покрытие съемкой всей исследуемой территории. К таким объектам можно отнести проявления природных и антропогенных процессов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на функционирование, эффективность мелиоративной системы, а также агробиоценоза в целом (участки зарастания, эрозии, места складирования бытовых отходов и пр.).

Процесс дешифрирования объектов МС должен быть основан на использовании дополнительных справочных материалов (схем и паспортов МС), что обеспечит точную идентификацию объектов, а также заполнение атрибутивных баз данных. Для сбора эталонов дешифрирования, описания дешифровочных признаков и проверки отдельных характеристик, содержащихся в паспортах МС, рекомендуется проведение полевых обследований, особенно для территорий со специфическими природными условиями.

Использование автоматизированных и верифицируемых методик обработки космической съемки позволяют проводить регулярные наблюдения за состоянием как отдельных объектов, так и мелиоративных систем в целом. В частности, эффективность функционирования МС может быть оценена по сериям разновременных космических снимков, отражающих развитие процессов обводнения и заболачивания земель (в пределах осушительных систем), а также путем оценки биологической продуктивности посевов через динамику вегетационных индексов (в пределах оросительных и осушительно-оросительных систем).

Таким образом, проведенные на примере трех мелиоративных систем исследования показали высокую эффективность подходов

к дистанционному дешифрированию объектов МС и ГТС. Дальнейшее развитие описанных методов может быть выражено в виде информационного обеспечения и единой системы мониторинга мелиоративной деятельности на территории Российской Федерации.

Авторы выражают благодарность за информационную поддержку отделу эксплуатации МС и ГТС ФГБУ «Управление «Рязаньмелиоводхоз» (руководитель — В. Н. Ульянов) и в частности главному мелиоратору Т. Н. Сысоевой за помощь в организации и проведении полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водорезов А.В. Антропогенный морфогенез в пределах староосвоенных территорий центра Русской равнины и его роль в трансформации исходных ландшафтов: На примере Рязанской области: диссертация ... канд. геогр. наук: 25.00.23.- Ярославль, 2005. — 253 с.
2. Голованов А.И., Айдаров И.П., Григоров М.С. и др. Мелиорация земель. — М.: КолосС, 2011. — 824 с.
3. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. — М.: Колос, 1981 г. — 328 с.
4. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» — [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.mcx.ru/documents/file_document/v7_show/25439..htm, свободный.
5. Ведомственная целевая программа «Развитие мелиорации в Рязанской области на 2012-2014 годы» — [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.ryazagro.ru/upload/iblock/512/prog_miliorac.pdf, свободный.
6. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации. — М.: Колос, 1981 г. — 328 с.