

УДК 631.4

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ СВЕТЛОЯРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**© 2017 г. И. Н. Горохова*, Е. И. Панкова,
Е. А. Шишконокова**

*¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россия, 119017,
Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
e-mail: g-irina@rambler.ru

Рассмотрен опыт использования космических снимков для создания карты землепользования территории Светлоярской оросительной системы и прилегающих к ней хозяйств, расположенных в северо-западной правобережной части Прикаспийской низменности (Волгоградская область). Карта землепользования отражает современную обстановку и содержит информацию о полях с различными сельскохозяйственными культурами и разновозрастной залежью. Для определения разновозрастной залежи использовали полевые материалы, которые позволили выявить состав растительности, варьирующий в зависимости от возраста залежи, что нашло отражение на снимках. Создание карты землепользования является необходимым этапом составления почвенно-солевой карты. Комплексный анализ данных, полученных на основе космических снимков, рекогносцировочных и полевых работ, мелиоративных кадастров, карты землепользования позволил оценить современную обстановку в районе исследования и констатировать следующее: в настоящее время используется чуть более 50% орошаемых земель, из них 86% заняты озимой пшеницей, оставшиеся площади приходятся на кормовые травы и овощные культуры; другая половина земель представляет собой разновозрастную залежь. При возделывании сельскохозяйственных культур используют преимущественно влагозарядковые поливы и капельное орошение, в результате практически повсеместно уровень грунтовых вод опустился ниже 5 м.

Ключевые слова: орошаемые земли, космические снимки, карта землепользования, структура орошаемых земель

DOI: 10.19047/0136-1694-2017-89-68-89

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 60-х годов XX в., в Нижнем Поволжье в условиях засушливого климата началось активное развитие орошения. Одной из первых построенных систем стала Светлоярская оросительная система (ОС) в Волгоградской области, на которой в 1989 г. (один из годов периода максимального освоения (1980–1990 гг.)) орошалось 7065 га ([Кадастр..., 1990](#)), основной возделываемой культурой была люцерна, главными факторами, лимитирующими состояние почв, являлись засоленность и солонцеватость ([Горохова, 1992](#); [Горохова, Панкова, 1997](#)).

В начале текущего века значительная часть земель была передана различным хозяйствам, и в 2014 г. площадь орошаемых земель уже составила 5889 га ([Информация..., 2014](#)). Однако в настоящее время появились современные частные и коллективные хозяйства, которые осваивают новые земли. Они располагаются вокруг ОС и рядом с каналами.

Цель исследований – создание детальной карты землепользования, содержащей информацию об орошаемых землях, занятых разными сельскохозяйственными культурами и разновозрастной залежью на базе космических снимков.

Такая карта необходима для того, чтобы оценить состояние орошаемых почв и выявить факторы, лимитирующие их плодородие, анализируя причины низкой всхожести или гибели сельскохозяйственных культур, отражающиеся на снимках пятнистостью полей, а также эволюцию почв разновозрастной залежи. Выделение земель разного использования является необходимым, так как сельскохозяйственные культуры не однозначно реагируют на одни и те же лимитирующие факторы.

В России космическая информация активно привлекается для картографирования залежных участков, так как наличие значительных площадей забрасываемых земель – современная государственная проблема. В исследованиях дистанционную информацию привлекают как дополнительную к наземным и картографическим материалам ([Фазылова, 2014](#); [Рухович, Шаповалов, 2015](#)), используют визуальное дешифрирование аэрокосмических изображений ([Клюшников, 2013](#)), анализ разновременных снимков ([Канатьева, 2013](#)), сочетание различных каналов съемки

([Маринина и др., 2013](#); [Савин и др., 2014](#)), использование обучающих выборок при классификации изображений ([Курбанов и др., 2010](#); [Алдошин и др., 2015](#)), методы автоматической кластеризации по величине коэффициента спектральной яркости ([Березин, 2015](#)) и др.

Поскольку карта землепользования является предварительным материалом для почвенно-солевой карты, важно создать ее с минимальными временными затратами, привлекая автоматизированные методы обработки снимков.

Рассматриваемый опыт составления карты землепользования опирается на материалы, полученные во время рекогносцировочных маршрутных и полевых работ, данные Волгоградской гидрогеолого-мелиоративной партии и результаты обработки космических снимков, в том числе сверхвысокого разрешения, которые информативно дополнили друг друга.

ОБЪЕКТ ИЗУЧЕНИЯ

Объектом изучения стали два участка орошения (Светлоярский и Райгородский) Светлоярской ОС и прилегающие к ним хозяйства, расположенные в северо-западной правобережной части Прикаспийской низменности (рис. 1). Данная территория исследовалась в 1992–2009 гг. ([Горохова, 1992](#); [Горохова, Панкова, 1997](#); [Новикова, Морозова, 2003](#); [Новикова, 2006](#); [Новикова и др., 2009](#)), поэтому актуально изучить ее современную обстановку.

Объект исследования представляет собой плоскую и безводную равнину, сложенную засоленными раннехвалынскими морскими отложениями. Изначально здесь сложность орошения была обусловлена комплексностью почвенного покрова, солонцеватостью и засолением почвогрунтов при общей слабой дренированности территории.

Для территории исследования до освоения был характерен комплекс растительных сообществ пустынного и остепненно-пустынного типов (чернополынные, чернополынно-ромашниковые, белополынно-чернополынные, чернополынно-белополынные и ромашниковые сообщества) с пятнами галофитной растительности ([Растительность ..., 1980](#)). В почвенном покрове преобладали комплексы светло-каштановых солонцеватых почв с солонцами (25–50 и >50%) и лугово-каштановыми почвами. Солон-

цы в целинных условиях относятся преимущественно к солончаковым и солончаковатым (т.е. содержащим легкорастворимые соли в слое 0–30 или 30–70 см) средней и сильной степени засоления; светло-каштановые солонцеватые почвы – к глубоко-солончаковатым и глубокозасоленным (т.е. содержание солей начиналось в нижней части первого и во втором метре почвенного профиля); лугово-каштановые почвы не засолены до грунтовых вод или засолены глубже 2 м. Химизм засоления преимущественно хлоридный, сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный ([Дегтярева, Жулидова, 1970](#); [Новикова, Морозова, 2003](#); [Новикова, 2006](#)).

Диагностика засоления орошаемых почв на Светлоярской ОС в 1990-х годах проводилась на основе выявления тесной связи в тот период между состоянием люцерны, занимавшей значительные площади на орошаемых массивах (50–60%), и засолением почв. На материалах аэрофотосъемки выпадения люцерны были обусловлены преимущественно исходным или вторичным засолением почв ([Горохова, 1992](#); [Горохова, Панкова, 1997](#)). На тот момент на Светлоярской ОС наблюдался подъем грунтовых вод (>3 м), сопровождавшийся развитием вторичного засоления почв. Согласно данным последних лет ([Информация..., 2014](#)), на ОС наблюдается понижение уровня грунтовых вод (>5 м) в результате уменьшения поливных норм и сокращения площадей орошения.

В 2015 г. на исследуемой территории (рис. 1) общая площадь сельскохозяйственных полей составила 9 992 га, практически половина из которых не возделывается и является залежью, еще часть сдается в аренду сроком на 2–3 года различным фермерским хозяйствам, где выращивают овощи и бахчевые культуры, используя капельное орошение и полив дождеванием. На основных площадях выращиваются озимые зерновые культуры с влагозарядковым поливом. Имеется несколько полей с люцерной, где применяются поливы напуском, по чекам.

Помимо земель, относящихся к государственной системе (27%) и коллективным хозяйствам (35.3%), появились частные наделы (37.7%). Частные фермерские хозяйства вокруг Светлоярской ОС расположены рядом с оросительными каналами. В одном из них используют высокотехнологичную систему автоматического орошения и контроля. Здесь освоены целинные земли с предва-

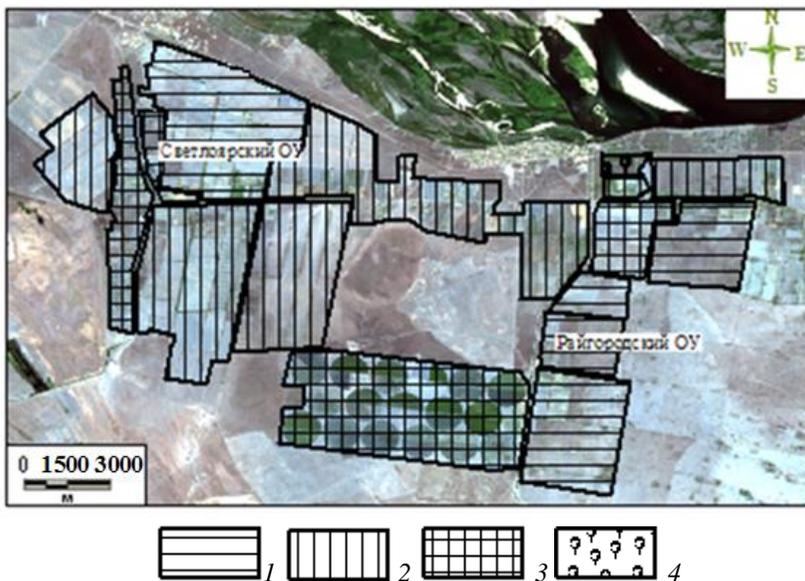


Рис. 1. Карта современного хозяйствования в районе Светлоярской ОС, составленная по материалам рекогносцировочных маршрутных обследований, данных Волгоградской гидрогеолого-мелиоративной партии и на базе космического синтезированного RGB-снимка Landsat-8 OLI (19.06.2015): 1 – Светлоярская ОС, 2 – коллективные хозяйства, 3 – фермерские хозяйства, 4 – коллективные сады.

рительным гипсованием почв, без проведения планировок. Возделывают озимые зерновые и, непосредственно после уборки зерновых, кукурузу на силос. Кроме того, выращивают картофель, суданскую траву.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для составления карты землепользования привлекали мультиспектральные космические снимки Landsat-8 (июнь, 2015 г.), Landsat-7 (июнь, 2015 г.), Pleiades (конец мая, 2015 г.), материалы рекогносцировочных и полевых маршрутных исследований. Материалы полевых исследований содержат описание состояния сельскохозяйственных культур и сорной растительности на залежных землях. По снимкам предварительно намечали схему маршрутного обследования, которая охватывала орошаемые поля

с разными возделываемыми культурами и залежью на двух участках Светлоярской ОС. Полевые исследования проходили в июне–июле 2015 г.

Карта землепользования традиционно составляется на основе визуального дешифрирования дистанционной информации. Анализируя аэрофотоснимки, можно определить возделываемые культуры ([Горохова, 1992](#)); по космическим снимкам за разные годы – возраст залежи ([Конюшкова, 2014](#)), однако такая кропотливая работа требует времени, поскольку необходимо проанализировать архивные снимки за последние 10–15 лет.

В наших исследованиях карта землепользования составлялась по результатам обработки единовременных мультиспектральных космических снимков, с использованием программного обеспечения ENVI 5.2. Первоначально вносили поправки в изображение снимков для их последующего корректного анализа такие, как удаление полос, радиометрическая калибровка, атмосферная коррекция. Атмосферную коррекцию снимка вели по наиболее точной в настоящее время модели MODTRAN.

Для анализа привлекали космические снимки определенного периода съемки (с середины мая по конец июня), когда хорошо определяются культуры, возделываемые в данном регионе. Главным признаком выделения залежи являлось отсутствие активно вегетирующей культурной растительности.

Процесс обработки снимков состоял из следующих шагов:

1. Выделение района исследования и разграничение возделываемых и залежных участков (визуально).

2. Выделение на возделываемых участках полей, занятых овощными и бахчевыми культурами, без разделения на конкретные из-за их мелкоконтурности (визуально).

3. Разделение полей, занятых основными сельскохозяйственными культурами по изображению мультиспектрального снимка Pleiades (0.5 м) с использованием алгоритма ISODATA.

4. Дополнительная классификация полей под люцерной по изображению снимка Pleiades с использованием алгоритма 2D Scatter Plot.

5. Распознавание разновозрастной залежи по изображению снимка Landsat-8 OLI в панхроматическом диапазоне (15 м) (визуально).

6. Распознавание разновозрастной залежи визуально по индексному изображению, полученному в результате классификации мультиспектрального снимка Landsat-7 ETM (30 м) с использованием преобразования Tasseled Cap.

7. Составление по результатам обработки снимков и материалов полевых исследований карты землепользования. Подсчет площадей.

Остановимся на основных этапах и результатах обработки снимков.

Первый этап обработки многозонального космического снимка сверхвысокого разрешения Pleiades включал в себя анализ орошаемых возделываемых участков. Необходимо было разделить поля с разными культурами, для чего использовали алгоритм неконтролируемой классификации ISODATA (классификация изображения без обучения). Основным параметром, задаваемым перед обработкой, – число классов (3), которое необходимо получить в итоге. В результате после обработки снимка определены поля с озимой пшеницей, убранной озимой пшеницей и люцерной (рис. 2). На постклассификационном шаге обработки снимка озимая пшеница и убранная озимая пшеница объединены в один класс, и на карте землепользования представлены полями с возделываемой озимой пшеницей.

Второй этап. Проводя классификацию снимка на первом этапе, столкнулись с проблемой разграничения полей, занятых люцерной, и залежей, поросших сорняками (доминирующий вид – марь белая (*Chenopodium album*)), которые оказались схожи по яркостным характеристикам и визуально сложно делимы, и в процессе автоматической классификации попадали в один класс. Это связано с тем, что поля с люцерной имеют участки с разреженной культурой (более светлые на снимке), и при усреднении яркостных характеристик во время обработки изображения различия между растениями нивелируются. Для того чтобы исключить залежи, поросшие преимущественно марью, из класса возделываемых полей, провели дополнительную, более дифференцированную классификацию данного класса.

Яркостные значения люцерны и мари находили по обучающим выборкам, состоящим из более чем 3000 пикселей (рис. 3).

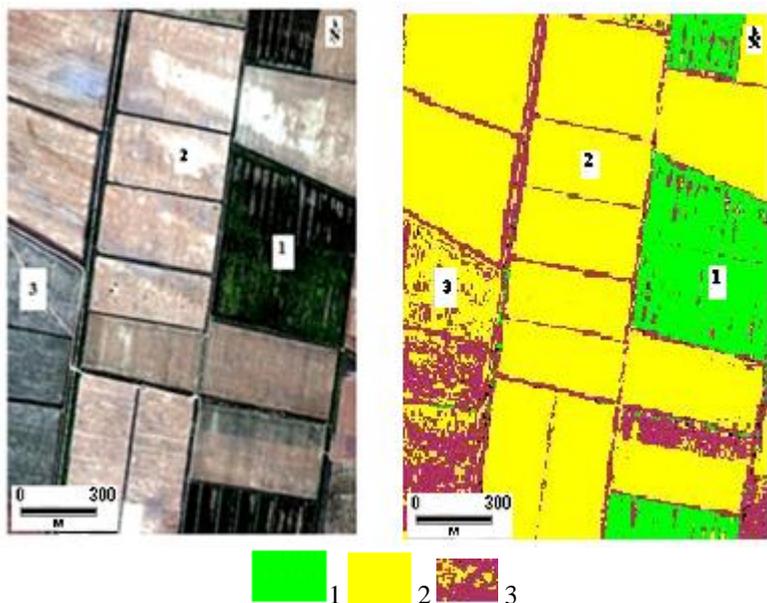


Рис. 2. Фрагмент изображения после применения неконтролируемой классификации (ISODATA) для выделения полей с различными сельскохозяйственными культурами по многозональному космическому снимку Pleiades (сверхвысокого разрешения 0.5 м) от 20.05.2015: 1 – люцерна; 2 – озимая пшеница; 3 – поля с убранный озимой пшеницей.

Из рис. 3 видно, что среднее квадратичное отклонение значений яркостей люцерны составляет 7–21% в четырех каналах, мари – 7–17%, наибольшее отклонение (21 и 17%) наблюдается в спектре канала В3 (красный), но выборка значима, следовательно, достоверна.

Далее с помощью инструмента 2D Scatter Plot (графическая модификация классификатора K-means) проводили разделение проблемных полей на снимке. Инструмент 2D Scatter Plot представляет собой поле яркостных характеристик анализируемого снимка в двух каналах. Выбрав в качестве ординат красный (В3) и ближний ИК (В4) каналы, очерчивали на графике области вокруг средних значений яркостей люцерны (348, 5270) и мари (771, 4803), по которым происходило автоматическое разделение полей (рис. 4).

ROI Summary	Pixel Count				
люцерна	3497				
люцерна					
Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev	
Band 1	290	531	386.293108	35.894378	
Band 2	512	843	623.414355	48.069507	
Band 3	210	670	348.164713	76.302412	
Band 4	4074	6518	5270.570775	530.266600	

ROI Summary	Pixel Count				
марь	3339				
марь					
Basic Stats	Min	Max	Mean	StdDev	
Band 1	356	775	578.984426	65.215257	
Band 2	663	1122	857.487272	65.967252	
Band 3	394	1350	771.584007	131.576999	
Band 4	3126	6305	4803.512728	401.726696	

Рис. 3. Пример расчета стандартных статистических значений яркости люцерны и мари в четырех каналах в программе ENVI 5.2.

Третий этап обработки космических снимков направлен на выделение разновозрастной залежи. Залежь проходит в процессе зарастания последовательную закономерную смену одного растительного сообщества другим.

Восстановлением растительного покрова залежей после прекращения распашки начали интересоваться с конца XIX в. Обобщающая схема, касающаяся особенностей восстановления степных залежей, опубликована еще К.М. Залесским (1918). Им выделены следующие основные стадии: 1 – полевых сорняков (до 5 лет); 2 – корневищных растений (5–7 лет); 3 – дерновинных злаков (7–15 лет); 4 – вторичной целины (15–30 лет).

По результатам полевых исследований залежь на Светлоярской ОС, несмотря на относительно недолгий срок существования (до 10 лет), можно условно разделить на следующие последовательные сукцессионные стадии зарастания, которые различаются по длительности и характеризуются своим растительным сообществом. Нами определены стадии: полевых сорняков, которая подразделяется на бурьянистую (1–3 года) и бурьянистую с примесью разнотравья и злаков (3–5 лет), корневищных растений (5–7 лет) и рыхлокустовых (дерновинных) злаков (>7 лет) с примесью плотно-

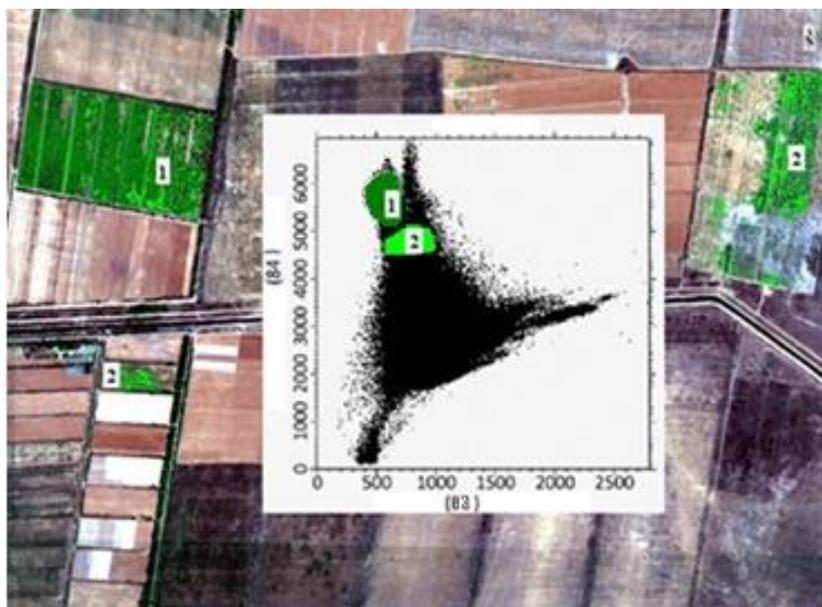


Рис. 4. Разделение полей люцерны (1) и залежей с доминированием ма-ри (2) по яркостным характеристикам в красном (B3) и ближнем ИК (B4) диапазонах спектра с использованием инструмента 2D Scatter Plot программного обеспечения ENVI 5.2 (графическая модификация классификатора K-means) на космическом снимке сверхвысокого разрешения (20.05.2015); на графике отмечены области, по значениям которых осуществлена дополнительная классификация.

кустовых злаков, как признак формирования вторичной целины. Основные растительные сообщества залежей отражены в таблице.

Особенностью 1–3-летней залежи является преобладание однолетников, в нашем случае представленных преимущественно марью белой – быстрорастущим сорняком, достигающим высоты до 1 м, формирующим густые заросли на значительной части поля, особенно в первые два года после выведения его из севооборота. В то же время на этой стадии отмечается небольшая примесь многолетних трав: по пахотным бороздкам растет полынь белая, к периферическим частям поля приурочены заросли сурепки обык-

Сукцессионные стадии зарастания залежи на Светлоярской ОС

Сукцессионная стадия			
полевые сорняки		корневищные растения	рыхлокустовые (дерновинные) злаки с примесью плотнокустовых (признаки вторичной целины)
бурьянистая	бурьянистая с примесью разнотравья и злаков	разнотравно-попынно-злаковая с примесью сорняков	попынно-злаковая с примесью сорняков
1–3 года	3–5 лет	5–7 лет	>7 лет
Марь белая с примесью польни Лерха или п. белой (<i>Artemisia lercheana</i>), сурепки обыкновенной (<i>Barbarea arcuata</i>), мелколепестника канадского (<i>Erigeron canadensis</i>)	Обильны бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>), марь белая, полынь Лерха, латук компасный (<i>Lactuca scariola</i>), л. татарский (<i>L. tatarica</i>), прутняк вечный (<i>Kochia scoparia</i>), рассеяно отмечаются мортук восточный (<i>Eremopyrum orientale</i>), ромашка аптечная (<i>Matricaria recutita</i>), вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i>), девясил британский (<i>Inula britannica</i>)	Наиболее распространены пырей ползучий (<i>Elytrigia repens</i>), вейник наземный (<i>Calamagrostis epigeios</i>), мортук восточный, козлятник восточный (<i>Galega orientalis</i>), тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>), козлобородник сомнительный (<i>Tragopogon dubius</i>), полынь белая, п. Маршалла (<i>Artemisia marschalliana</i>), п. австрийская (<i>A. austriaca</i>), бодяк полевой, марь белая	Житняк гребневидный (<i>Agropyron pectinatum</i>), свиной палец (<i>Cynodon dactylon</i>), овсяница красная (<i>Festuca rubra</i>), качим метельчатый (<i>Gypsophila paniculata</i>), ковыль Тырса (<i>Stipa capillata</i>), полынь белая, п. Маршалла, п. австрийская, бодяк полевой, марь белая

новенной. Залежь такого возраста была уже выделена на втором этапе классификации изображения снимка, когда разграничивались поля люцерны и поля с доминированием мари.

Залежь 3–5 лет – доминируют сорные травы, прежде всего, бодяк полевой, в меньшей степени – марь белая с примесью полыни белой и разнотравья (обильны латуки компасный и татарский, встречается ромашка аптечная), появляются злаки.

Залежь 5–7 лет – обычны разреженные злаки с примесью полыни, участие разнотравья и сорняков снижается.

Залежь более 7 лет также характеризуется доминированием злаков с примесью полыни, корневищные злаки постепенно замещаются дерновинными. На фоне продолжающегося снижения доли и разнообразия разнотравья и сорняков, появляются растения, образующие после отмирания надземных частей особые формы – перекасти-поле (например, качим метельчатый), что является одним из признаков начала формирования вторичной целины.

Хорошо известно, что неодинаковый возраст залежей отражается на составе растительности и ее проективном покрытии, которые варьируют. Параллельно процессу смены растительности, на залежи происходит изменение влажности почв, которая постепенно уменьшается и приближается к влажности почв целинной степи. Также на залежи со временем образуется дернина, и почва становится более плотной и структурной. Все эти изменения должны находить отображение на космических снимках.

На космическом снимке Landsat-8 OLI (19.06.2015) в панхроматическом диапазоне (разрешение 15 м) визуально, после исключения из анализа возделываемых полей, разновозрастная залежь, исходя из накопленного полевого материала, определяется по следующим признакам: 1–3-летняя отличается темным тоном (обусловленным зарастанием марью и еще достаточно высокой влажностью почвы); 3–5-летняя характеризуется более светлым, ровным тоном (причиной такой смены может служить как преобладание бодяка, который на снимке выглядит светлее мари, так и уменьшение влажности почвы); 5–7-летняя залежь характеризуется доминированием разреженных сорных злаков, которые к данному времени выгорают, придавая светлый тон изображению, особенно яркий по колеям дорог и размытостью границ между полями и пахотными бороздами; залежь возрастом более 7 лет ха-

рактируется отсутствием границ между полями и пахотными бороздами, размытостью рисунка дорожной колеи, за счет все большего разрастания злаков, кроме того, контрастнее выделяются вновь формирующиеся на ее пространстве падины, выровненные во время планировки полей при создании системы.

Сложнее всего определить залежь и ее возраст на полях, которые частично распахиваются и засеваются, частично забрасываются и создают своеобразную чересполосицу на изображении снимка (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент космического снимка Landsat-8 OLI (19.06.2015) в панхроматическом диапазоне и визуальное выделение полей с разновозрастной залежью: черным контуром выделены участки разновременной залежи: 1 – возрастом 1–3 года; 2 – 3–5 лет; 3 – 5–7 лет; 4 – поля, частично возделываемые и частично под залежью; 5 – залежь возрастом более 7 лет; 6 – временный ангар.

Для выделения разновозрастной залежи использовали преобразование Tasseled Cap («колпак с кисточкой»). Это один из методов обработки мультиспектральных снимков, позволяющий осуществить переход из пространства измерений спектральных яркостей объектов в пространство признаков. Оно преобразует спектральные данные изображений в новую систему координат с новым набором ортогональных осей. Данный метод создан для съемочной системы Landsat MSS, привлекая четыре канала съемки ([Kauth, Thomas, 1976](#)). Преобразование «колпак с кисточкой», в основном, применяется для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур на различных стадиях их созревания. При этом определяющими являются значения «яркости» и интенсивности «зеленого цвета». Позже метод усовершенствовали для анализа 6-канальных данных съемки сенсора TM (кроме теплового диапазона). Оказалось, что третья ось пространства преобразованных данных содержит значительную долю информации о влажности.

В преобразовании Tasseled Cap основная ось – «яркость» – вычисляется статистически как взвешенная сумма отражений всех спектральных каналов и определяется спектральными образами открытых почв; вторая компонента – интенсивность «зеленого цвета» – определяется контрастностью между ближним ИК- и видимыми диапазонами и является характеристикой плотности зеленой растительности; «влажность» зависит от контрастности отражательной способности в коротковолновом ИК-диапазоне и характеризует влажность почв, плотность растительного покрова и другие свойства объекта ([Чандра, Гош, 2008](#); [Шовенгердт, 2013](#)).

В программном комплексе ENVI преобразование Tasseled Cap использовали для обработки откалиброванных данных Landsat 7 ETM (11.06.2015). В результате получился синтез из трех рассчитанных координат (Brightness, Greenness, Third), индексные изображения которых можно анализировать по отдельности и в синтезе. Предварительно из анализа исключали поля с возделываемыми культурами. По отдельности индексные изображения позволяют лучше визуально выделить (рис. 6):

Brightness – залежь возрастом 1–3 года, 3–5 и 5–7 лет;

Greenness – залежь 1–3 года, 3–5 лет;

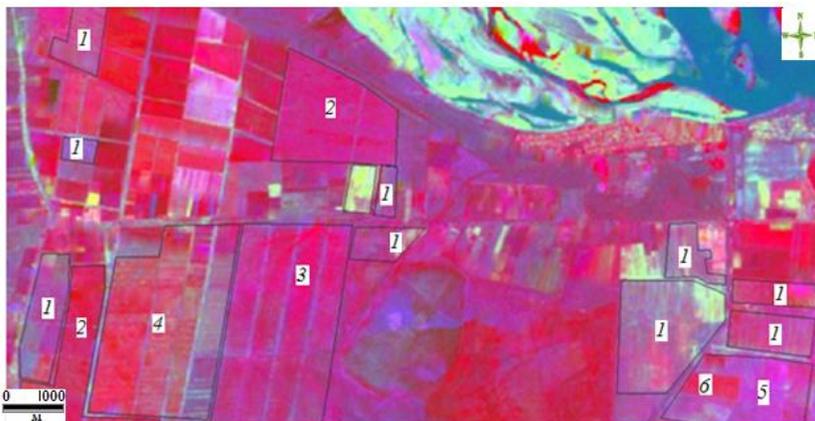


Рис. 6. Фрагмент синтезированного индексного изображения, состоящий из трех координат (Brightness, Greenness, Third), после преобразования Tasseled Cap снимка Landsat-7 ETM (11.06.2015): черным контуром выделены участки разновозрастной залежи: 1 – возрастом 1–3 года; 2 – 3–5 лет; 3 – 5–7 лет; 4 – поля, частично возделываемые и частично под залежью; 5 – залежь возрастом более 7 лет; 6 – временный ангар.

Third – залежь вся без разделения по возрасту и отдельно залежь возрастом более 7 лет;

синтез – залежь 1–3, 3–5, 5–7 и >7 лет.

На синтезированном изображении снимка после преобразования Tasseled Cap разновозрастная залежь визуальнo классифицируется по различной насыщенности цвету полей – 1–3 года – сиреневый; 3–5 – красный, розово-красный; 5–7 – розовый, красно-розовый; >7 лет – лиловый; поля, частично возделываемые и частично под залежью – пестрые, с розовым, красным цветом и тонкими сиреневыми полосками.

Оба подхода определения разновозрастной залежи являются визуальными, только в первом случае для анализа использовали черно-белый, панхроматический канал мультиспектрального снимка, во втором – обработанное индексное изображение, которое отражает уже конкретные, статистически обоснованные признаки полей, различающиеся доминирующим растительным покровом, влажностью и плотностью почв и, следовательно, анализ такого изображения позволит снизить или избежать появления субъективных ошибок при визуальном дешифрировании.

Таким образом, используя различные подходы, удалось определить разновозрастную залежь, которая в дальнейшем поможет проследить за процессами засоления–рассоления орошаемых почв.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результатом исследований стала карта землепользования, где показаны возделываемые поля с разными сельскохозяйственными культурами, а также разновозрастная залежь (рис. 7). Такая информация необходима как первый этап создания почвенно-солевой карты по космическим снимкам. Кроме того, она актуальна сама по себе, так как специалисты в области сельского хозяйства активно призывают к оперативному проведению инвентаризации залежных земель по их возрасту и агроэкологической оценке. Использование метода дистанционного зондирования для определения и расчета доли заброшенных сельскохозяйственных земель позволит более точно выявлять темпы и масштабы их забрасывания.



Рис. 7. Фрагмент карты землепользования на территорию Светлоярской ОС и прилегающих хозяйств, составленной по космическим снимкам: 1 – озимая пшеница, 2 – люцерна, 3 – овощные культуры, 4 – сады, 5 – озимая пшеница и овощные культуры; 6 – озимая пшеница и залежь возрастом 1–3 года, 7 – залежь возрастом 1–3 года, 8 – залежь возрастом 3–5 лет, 9 – залежь возрастом 5–7 лет, 10 – залежь возрастом >7 лет.

Согласно карте землепользования, на исследуемой части Светлоярской ОС и прилегающих к ней хозяйствах общая площадь освоенных под орошение земель в 2015 г. составила 9 992 га. Из них орошалось 51.7%, залежь – 48.3%. В структуре орошаемых земель озимая пшеница занимала 86%, овощные культуры 10%, люцерна 3%, сады 1%. Кроме того, кормовые травы (кукуруза на силос) получали как второй урожай на высокотехнологичном фермерском хозяйстве на площади 1 500 га (29%). Структура залежи распределилась следующим образом: залежь возрастом 1–3 года составила 40%; 3–5 лет – 22%; 5–7 лет – 31% и >7 лет – 7%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен опыт использования мультиспектральных космических снимков, в том числе сверхвысокого разрешения, для создания карты землепользования исследуемой части Светлоярской ОС и прилегающих к ней хозяйств, расположенных в северо-западной, правобережной части Прикаспийской низменности (Волгоградская область). Карта землепользования содержит информацию о полях с различными сельскохозяйственными культурами и разновозрастной залежью. Она необходима на начальном этапе составления почвенно-солевой карты, поскольку, используя ее, можно оценить современную структуру землепользования и факторы, лимитирующих плодородие почв, анализируя причины низкой всхожести или гибели разных сельскохозяйственных культур, отражающиеся на снимках пятнистостью полей, а также эволюцию почв разновозрастной залежи, которая в дальнейшем поможет проследить за процессами засоления–рассоления орошаемых почв.

Материалы, полученные при проведении рекогносцировочных маршрутных и полевых исследований, позволили выделить последовательные сукцессионные стадии зарастания залежных земель, которые различаются по длительности и характеризуются своим растительным сообществом, что нашло отражение на космических снимках. Полученные по космическим снимкам дешифровочные признаки разновозрастной залежи интерполированы на всю территорию исследования и использованы при составлении карты землепользования. Такой новый подход позволил не рассматривать архивные материалы космических снимков за 10–15-

летний период для определения возраста залежи. Данный опыт может применяться в исследуемом районе в дальнейшем.

Комплексный анализ полевых, кадастровых материалов, космических снимков и карты землепользования показал, что современная обстановка в районе исследований такова: уровень грунтовых вод на Светлоярской ОС существенно снизился и находится преимущественно на глубине более 5 м (по сравнению с 1990-и годами, когда он достигал 3–5 и менее 3 м); преобладают влагозарядковые и капельные способы орошения; используется чуть более 50% освоенных под орошение земель на системе и вокруг нее, на которых выращивают озимую пшеницу (86%), овощи (10%) и кормовые травы (32%); разновременная залежь в районе исследования составляет почти половину всей площади (48.3%).

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 16-04-00570.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алдошин С.С., Горбачева Е.Н., Мышляков С.Г., Скачкова А.С.* Космический мониторинг сельскохозяйственного землепользования Калужской области // Геопрофи. 2015. № 4. С. 10–14.
2. *Березин Л.В.* [Отражение спектра солнечной радиации в экосистемах по материалам дистанционного зондирования Земли](#) // Науки о Земле. Омский ГАУ. 2015. С. 24–32.
3. *Горохова И.Н.* Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков: Автореф. дис. ... к. техн. н. М., 1992. 25 с.
4. *Горохова И.Н., Панкова Е.И.* Метод дистанционного контроля за состоянием орошаемых земель юга России // Аридные экосистемы. 1997. Т. 3. № 5. С. 26–34.
5. *Дегтярева Е.Т., Жулидова А.И.* Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское изд-во, 1970. 319 с.
6. *Залесский К.М.* Залежная и пастбищная растительность Донской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Сенного отд. Донской обл. прод. упр-ния, 1918. С. 5–18.
7. Информация мелиоративного состояния орошаемых земель Светлоярского района Волгоградской области на предполивной период 2014 года. Волгоград, 2014. 4 с.
8. Кадастр мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области. Волгоград, 1990. 128 с.

9. *Канатьева Н.П.* Изучение трансформации пахотных угодий Северного Приволжья по данным дистанционного зондирования // Стратегия устойчивого развития регионов России. М., 2013. С. 132–137.
10. *Клюшников Н.М.* Дешифрирование сельскохозяйственных земель Волгоградского Заволжья // Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». 2013. №3(23). С. 40–44. www.grani.vspu.ru
11. *Конюшкова М.В.* Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 316 с.
12. *Курбанов Э.А., Воробьев О.Н., Губаев А.В., Воробьев О.Н.* Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом // Геоматика. 2010. № 4. С. 68–72.
13. *Маринина О.А., Терехин Э.А., Кириленко Ж.А., Курлович Д.М., Ковальчик Н.В.* Особенности дистанционного выявления залежных участков и проблемы целевого использования земель сельскохозяйственного назначения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.
14. *Новикова А.Ф., Морозова А. С.* Засоленные почвы Волгоградской области // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1061–1074.
15. *Новикова А.Ф.* Засоленные почвы Волгоградской области // Засоленные почвы России. М.: Академкнига, 2006. С. 223–255.
16. *Новикова А.Ф., Гэтин Л.О., Конюшкова М.В.* Динамика процессов засоления–рассоления почв участка "Червленое" Светлоярской оросительной системы в ирригационный и постирригационный периоды // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2009. Вып. 63. С. 16–24.
17. Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. 429 с.
18. *Рухович Д.И., Шаповалов Д.А.* Об особенностях мониторинга почвенно-земельного покрова как информационной основы эффективного землепользования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2015. № 12. С. 31–49.
19. *Савин И.Ю., Отаров А., Жогалев А.В., Ибраева М.А., Дуйсеков С.* Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. Вып. 74. С. 49–63.
20. *Фазылова А.Г.* Изучение травянистой растительности разновозрастных залежей на примере двух участков природно-географических территорий республики Татарстан. Казань, 2014. 62 с.
21. *Чандра А.М., Гош С.К.* Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. 312 с.
22. *Шовенгердт Р.А.* Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2013. 592 с.
23. *Kauth R.J., Thomas G.S.* The Tasseled cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat // Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. 1976. P. 41–51.

THE EXPERIENCE OF APPLICATION OF SPACE IMAGES FOR CREATION OF THE LAND USE MAP OF IRRIGATED LANDS AND LAYLANDS OF SVETLOYARSK IRRIGATION SYSTEM

I. N. Gorokhova, E. I. Pankova, E. A. Shishkonakova

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii 7, bld. 2*

The experience of space images use for creation of land use map for the territory of the Svetloyar irrigation system and neighboring households is considered. The investigation territory is located in the north-west area on the right bank part of Kaspian lowland (Volgograd oblast). The land use map reflects the actual conditions of the object and contains the information about the fields under different crops and mixed-age laylands. In order to determine the mixed age layland, the field data were used, which allowed us to reveal the vegetation composition, which varies due to the age of layland. Space images also reflect this specificity. The creation of land use map is a necessary stage of soil-saline map creation. The complex analysis of data obtained on the basis of space images, reconnaissance operations and field works, meliorative cadasters, land use map allowed us to assess the actual conditions in the investigation region. We also revealed the following: at the present slightly more than 50% of irrigated lands are used, 86% of them are occupied by winter wheat, and the rest of the area is under the forage grasses. The other half of lands is presented by mixed age laylands. During the crop cultivation preirrigation and drop irrigation was used. As a result the ground water level decreased below the 5 m almost everywhere.

Keywords: irrigated lands, space images, land use map, the structure of irrigated lands

REFERENCES

1. Aldoshin S.S., Gorbacheva E.N., Myshlyakov S.G., Skachkova A.S. Space monitoring of agricultural land use in the Kaluga region, *GeoProfi*, 2015, № 4, pp. 10–14.
2. Berezin L.V. Reflection of the spectrum of solar radiation in ecosystems based on remote sensing data of the Earth, *Nauki o Zemle, Omskii GAU*, 2015, pp. 24–32.
3. Gorokhova I.N. *Assessment of salinization of irrigated soils of the Lower Volga region with the use of aerial photographs*, Avtoref. Dis. ... to. Techn. N. Moscow, 1992, 25 p.

4. Gorokhova I.N., Pankova E.I. Method of remote control over the state of irrigated lands in the south of Russia, *Arid ecosystems*, 1997, Т. 3, No. 5, pp. 26–34.
5. Degtyareva E.T., Zhulidova A.I. *Soil of the Volgograd region*. Volgograd: The Lower Volzhsky Publ., 1970, 319 p.
6. Zalessky K.M. *Hard and pasture vegetation of the Don region*. Rostov-on-Don: Publishing House «Sennoe otdelenie Donskoy oblasti prod upravleniya», 1918, pp. 5–18.
7. *Information of reclamation state of irrigated lands of Svetloyarsky district of Volgograd region for the preterm period of 2014*. Volgograd, 2014, 4 p.
8. *Cadastr of reclamation state of irrigated lands in the Volgograd Region*. Volgograd, 1990, 128 p.
9. Kanatyeva N.P. A study of the transformation of arable land in the Northern Volga region according to remote sensing data, *The Strategy of Sustainable Development of Russian Regions*, Moscow, 2013, pp. 132–137.
10. Klyushnikova N.M. Deciphering agricultural lands of the Volgograd Transvolga // *Elektronnyi nauchno-obrazovatel'nyi zhurnal VGSPU «Grani poznaniya»*, 2013, №3 (23), pp. 40–44.
11. Konyushkova M.V. *Digital mapping of soils of solonets complexes of the Northern Caspian region*, Moscow, The Partnership of Scientific Publications KMK, Publ., 2014, 316 p.
12. Kurbanov EA, Vorobyov ON, Gubaev AV, Vorobyov ON Use of space images of ALOS for revealing the areas of former agricultural lands, overgrown with forest, *Geomatics*, 2010, № 4, pp. 68–72.
13. Marinina O.A., Terekhin E.A., Kirilenko Zh.A., Kurlovich D.M, Kovalchik NV Features of remote detection of fallow areas and the problem of targeted use of agricultural land, *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, No. 5.
14. Novikova A.F., Morozova A.S. Saline soils of the Volgograd Region, *Pochvovedenie*, 2003, № 9, pp. 1061–1074.
15. Novikova A.F. Saline soils of the Volgograd Region, *Saline soils of Russia*. Moscow: Academic Book, Publ., 2006, pp. 223–255.
16. Novikova A.F., Gepin L.O., Konyushkova M.V. The dynamics of salinization-desalination processes of the "Chervlene" site of the Svetloyar irrigation system in the irrigation and post-irrigation periods, *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2009, V. 63, pp. 16–24.
17. *Vegetation of the European part of the USSR*. Leningrad, Nauka, Pybl. 1980. 429 p.
18. Rukhovich D.I., Shapovalov D.A. On the features of monitoring soil and land cover as an information basis for effective land use, *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2015, V. 12, pp. 31–49.

19. Savin I.Yu., Otarov A., Zhogalev A.V., Ibraeva M.A., Duysekov S. Identification of long-term changes in the area of saline soils of the Shoulder irrigated massif from Landsat space images, *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2014, V. 74, pp. 49–63.
20. Fazylova A.G. *Studying of grassy vegetation of the same age deposits by the example of two parts of the natural and geographical territories of the Republic of Tatarstan*. Kazan, 2014, 62 p.
21. Chandra A.M., Ghosh S.K. *Remote sensing and geographic information systems*. Moscow: Technosphere, Publ., 2008, 312 p.
22. Shovengertt R.A. *Remote sensing. Models and methods of image processing*, Moscow, Technosphere, 2013, 592 p.
23. Kauth R.J., Thomas G.S. The Tasselled cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat, *Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*, 1976, pp. 41–51.

Ссылки для цитирования

Горохова И. Н., Панкова Е. И., Шишконокова Е. А. Опыт использования космических снимков для составления карты землепользования орошаемых и залежных земель Светлоярской оросительной системы // Бюл.

Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2017. Вып. 89. С. 68-89. doi: 10.19047/0136-1694-2017-89-68-89

Gorokhova I. N., Pankova E. I., Shishkonakova E. A. The experience of application of space images for creation of the land use map of irrigated lands and laylands of Svetloyarsk irrigation system, *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2017, Vol. 89, pp. 68-89. doi: 10.19047/0136-1694-2017-89-68-89