

УДК 528.88: 504.53.064.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМ
ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ
СЪЕМОК**

Клочко Т.А.

*Государственное предприятие научно-исследовательский и проектный институт «Союз»,
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина
E-mail: klochko.ta@gmail.com*

Произведен обзор и анализ современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок для определения подходов к исследованию техногенно-засоленных почв на объектах нефтегазодобывающих предприятий.

Ключевые слова: засоление почв, космические снимки, влияние нефтегазодобычи.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из ведущих процессов преобразования почв нефтяных и газоконденсатных месторождений является техногенный галогенез. В качестве источника солей выступают высокоминерализованные техногенные потоки, в составе которых значительную роль играют водорастворимые хлориды, в меньшей степени карбонаты и сульфаты. Помимо минеральных солей, пластовые воды содержат значительные количества нефтепродуктов, механических примесей, иногда двухвалентное железо и другие ионы. Интенсивность и масштаб воздействия минерализованных вод на геохимию природных систем во много раз возрастает в случае использования на месторождении систем поддержания пластового давления (ППД) заводнением.

Природоохранным законодательством Украины предусмотрен мониторинг окружающей среды предприятием, которое осуществляет производственную деятельность. Мониторинг почв является важной составляющей комплексного мониторинга компонентов окружающей природной среды в системе экологического управления нефтегазодобывающего предприятия и обеспечивает контроль состояния земель от момента изъятия во временное пользование до возвращения их собственнику после проведения технической и биологической рекультивации. Составляющими мониторинга почв является накопление данных агроэкологических исследований, привязка их к конкретным производственным объектам и технологиям, разнесение информации во времени и пространстве, сопоставление с требованиями стандартов и законодательства. Одним из современных элементов мониторинга почв являются материалы космических съемок.

Для определения основных подходов к задаче выявления техногенно-засоленных почв по данным космических съемок произведен обзор и анализ литературных данных.

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Применение аэрокосмических методов в почвоведении дало ощутимый толчок развитию почвенного картографирования и мониторинга почвенного покрова. Еще в 30-е годы XX века, на заре применения аэрометодов для изучения природных ресурсов, отмечались значительные возможности использования дистанционных снимков при составлении детальных почвенных карт и для оценки состояния посевов.

Дистанционные методы изучения почвенного покрова основаны на том, что разные по происхождению и степени вторичных изменений почвы по-разному отражают, поглощают и излучают электромагнитные волны различных зон спектра. Как следствие, каждый почвенный объект имеет свой спектрально-яркостный образ, запечатленный на аэро- и космических материалах. Применяя различные методы обработки аэрокосмических снимков, можно идентифицировать различные почвы и их отдельные характеристики.

Многoletние исследования ученых показывают, что почвы в зависимости от содержания гумуса, влажности, механического состава, карбонатности, наличия солей, эродированности и других особенностей изображаются на снимках широкой гаммой тонов. На черно-белых снимках почвы имеют серый, темно-серый тон, тогда как растительность – светлый, светло-серый [9]. Исключение составляют солончаковые, эродированные и песчаные почвы. В ближней инфракрасной зоне (0,75–1,3 мкм) для почв отмечается плавный подъем кривых. Характер и уровень спектральных кривых позволяют довольно надежно определять генетические различия почв. Для изучения почв при многозональной съемке используют различия коэффициента спектральной яркости почв в разных диапазонах спектра.

Спектральная отражательная способность достаточно полно изучена, в этой связи следует сослаться на фундаментальные исследования И. И. Карманова [7], который измерил при помощи спектрофотометра СФ-10 коэффициенты спектрального отражения в диапазоне 400–750 нм 4 тыс. почвенных образцов.

Прикладное дешифрирование космических снимков предполагает работу с сериями снимков [1, 6, 9]. Рекомендуется использовать снимки одной и той же местности, различающиеся яркостью изображения идентичных точек в зависимости от свойств и состояния объектов или условий и параметров съемки. Наиболее часто применяемые из них: снимки в разных спектральных диапазонах, многозональные снимки с расчленением по длинам волн, разновременные снимки, снимки при разных условиях освещения, разном направлении съемки, снимки разных масштабов, разрешения. Одним из эффективных методических приемов является последовательное дешифрирование, которое применяется в тех случаях, когда на разных зональных снимках отображаются различные объекты. Например, солончаки и степень засоления хорошо фиксируются на снимках в голубой зоне, заболоченные участки и степень увлажнения – на снимках в ближней инфракрасной зоне [9]. Последовательное дешифрирование предусматривает анализ отдельных временных срезов с составлением разновременных схем дешифрирования.

С. В. Овечкин и И. Ю. Савин [12] вводят понятие временной цикличности изображения (ВЦИ), которая является характерной для каждого района. Например, ВЦИ Оскольского района (Белгородская обл., Россия) характеризуется в ранневесеннее время чередованием серых и светло-серых тонов и очень редкой прямой узкой долинно-балочной сетью, в раннелетнее, поздневесеннее время – серой тональностью и очень редкой прямой узкой долинно-балочной сетью, в летнее, раннеосеннее время – чередованием серых тонов с контрастной черно-белой тональностью, крупными сельскохозяйственными полями.

На методике «поточечного» или «попиксельного» сравнения дистанционного сигнала для аэрокосмического мониторинга динамики почвенного покрова останавливается Б. В. Виноградов [6]. Эта методика состоит в сравнении дистанционного сигнала, измеренного в фотометрических или радиометрических единицах, одних и тех же участков в разные годы и интерпретации соответствующих им почвенных показателей. Для сравнения используются опознанные на последовательных снимках точки, расположенные на распаханых полях и посевах культур с покрытием растительности до 30%. Так при сравнении раннелетних панхроматических снимков крупного масштаба была выявлена динамика содержания гумуса в почвах Казахстана. Для стандартизации были использованы два оптических «реперных» участка, коэффициент отражения почв которых заведомо стабилен: это сурчины с выбросами лессов на поверхность, где содержание гумуса ничтожно мало, а коэффициент отражения в спектральном интервале 0,3–0,32; и потяжины с лугово-каштановыми почвами, где содержание гумуса более 5%, а коэффициент отражения самый низкий – 0,08–0,12.

Идея о возможности оценки засоления орошаемых почв по дистанционным данным зародилась в 60-е годы XX ст. [1], но первые данные оказались весьма скудными. В дальнейшем на основании исследований аридных, в основном хлопкосеющих, областей появились представления о том, какую информацию о засолении почв можно получить по снимкам и каковы дешифровочные признаки почв разного типа засоления [4, 14, 15].

Задача выявления засоляющихся почв является одной из важных в процессе дистанционных почвенно-мелиоративных исследованиях. При наблюдении за солевым режимом орошаемых почв оценивают степень и тип засоления почв, направленность изменения засоленности пород, запасы солей, причины засоления. Засоление почв обнаруживается дистанционными методами как при непосредственном появлении солей на поверхности почв, так и изменении отражательной способности сельскохозяйственных культур вследствие выпадения отдельных растений, их угнетения и появления галофитных сорняков. За счет указанных явлений изменяются тон и рисунок изображения засоленных почв. Подобные исследования широко проводились на орошаемых массивах в бассейнах Амударьи и Сырдарьи [20].

Большой опыт дистанционной оценки почвенных свойств получен при составлении государственной почвенной карты СССР с использованием космической информации [1]. При этом применялись многозональные снимки,

составители пользовались преимущественно двумя каналами: 0,6–0,7 (красная зона) и 0,8–1,1 мкм (инфракрасная зона).

Выявление засоленных почв производилось при составлении мелкомасштабной почвенной карты Узбекистана [16]. Во время работы над картой использовались черно-белые космические снимки разных масштабов. Для солончаков установлены пятнистая и мелкопятнистая структура фотоизображения и тон от светло-серого до темно-серого.

Специализированная карта «Засоления почв» составлена для Памиро-Алая [19]. Как указывают авторы, на космических снимках солончаки и сильнозасоленные почвы дешифрировались довольно уверенно по фототону и структуре фотоизображения. На космических снимках также дешифрируются небольшие пятна слабо- и средnezасоленных почв, развитых среди незасоленных сероземно-луговых почв, эти почвы на снимках имеют пятнистое изображение с расплывчатыми границами светло-серого и серого фототонов.

С необходимостью выявлять засоленные и солонцеватые почвенные разности приходится сталкиваться при крупномасштабном почвенном картировании. Отмечается, что такие разности хорошо фиксируются на аэро- и космических снимках благодаря изменению тона (цвета) и рисунка изображения. По данным Ю. П. Киенко и Ю. Г. Кельнера [8] космические снимки с разрешением более 10 м передают 100% информации о формах элементарных почвенных структур, для фотоснимков с более низким разрешением (20–30 м) изображаются не более 80% почвенных ареалов.

Процессы засоления оценивались дистанционными средствами в Южном Ставрополе [10]. Природное засоление в этом регионе проявляется преимущественно в почвах, формирующихся на майкопских глинах в условиях повышенного гидроморфизма. Преобладающие слабо- и среднесолончаковатые почвы имеют на аэрофотоснимках серый тон, на этом фоне хорошо выделяются мелкие очень светлые пятна сильнозасоленных почв.

Высокую информативность по отношению к засолению почв В. Л. Андроников и др. [2] отмечают для обычных черно-белых панхроматических снимков, полученных в год и сезон наземных наблюдений. Дешифрирование засоления орошаемых почв аридных территорий проводится по состоянию хлопчатника [14]. Дешифрирование по открытой поверхности почвы в этих условиях невозможно, поскольку коэффициенты спектральной яркости незасоленных аридных почв и засоленных почв очень близки. Основными дешифровочными признаками засоления являются тон и рисунок фотоизображения. За основу взяты две контрастные градации тона: темный – для участков с хорошим состоянием хлопчатника и светлый – для поверхности, лишенной растительности. Процент светлых пятен в пределах поля или контура и их размер позволили установить и на основе наземных данных статистически обосновать связь фотоизображения со степенью засоления в метровом слое почв.

Изучение явлений вторичного засоления в зоне влияния инфильтрационных вод проводилось по материалам аэрофотосъемки на Право-Егорлыкской оросительной системе в Ставропольском крае (Россия). В результате этих работ

была установлена информативность и оптической плотности изображения и характера его рисунка. Оконтурена зона влияния канала и его внутренняя структура, отражающая степень засоления почвы, глубина солевого горизонта, уровень и степень минерализации грунтовых вод [10].

На Апшеронском п-ове в районе г. Баку (Азербайджан) проводились оценки отражательной способности почв, загрязненных нефтепродуктами [13]. Было показано, что в зависимости от уровня загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами меняется характер кривой спектрального отражения по сравнению с фоновыми почвами, что выражается снижением отражательной способности по мере увеличения степени загрязнения. При сильном загрязнении кривые спектрального отражения становятся почти горизонтальными во всем диапазоне длин волн. Если интегральное отражение фоновых почв составляет 27–30%, то сильнозагрязненных почв – 1–12%, причем коэффициент отражения в сине-фиолетовой области снижается до 9–10%, а в красной части спектра – до 8–13%.

В 80–90 годы XX ст. дешифрирование почвенных комплексов на космических снимках осуществлялось преимущественно средствами структурно-зонального анализа. Анализ состоит в оптическом преобразовании фотоснимков и получении количественной оценки пространственно-частотного спектра путем оптической фильтрации наиболее информативных признаков, характеризующих пространственную структуру изображения [21]. В настоящее время спутники оснащены оптической сканирующей аппаратурой высокого разрешения, позволяющей получать изображение в цифровом виде. В связи с этим вместо оптического когерентного спектрального анализа применяются другие приемы обработки цифровых исходных данных.

Особое место среди новых методик обработки данных дистанционного зондирования занимает Data Fusion Technology [31, 34, 32], которая в русскоязычных работах рассматривается под названием «синергетические методы» [11] или «методика слияния данных» [17]. Суть методики слияния данных состоит в использовании комплексного подхода при получении, обработке и интерпретации аэрокосмической информации. В рамках Data Fusion Technology используются разновременные снимки, полученные в разных диапазонах электромагнитного спектра [32], сводятся результаты различной обработки исходных материалов, привлекаются данные различных экспериментов, результаты наземных исследований, специальные картографические материалы и т.п. К методике слияния данных обращаются тогда, когда изучаемая методами дистанционного зондирования система является слабоструктурированной и достаточно изменчивой во времени [17]. Безусловно, информация о почвенном засолении относится к этой категории, поэтому наиболее интересные работы по засолению почв, опубликованы в последнее время.

В 2003 г. опубликован довольно объемный обзор [30], посвященный современному состоянию методов дистанционного зондирования как инструмента для оценки солёности почв. Среди наиболее эффективных обсуждаются такие методики, как спектральное разделение (spectral unmixing), классификация по максимальному правдоподобию (maximum likelihood classification), классификация

на основе нечетких множеств (fuzzy classification), совмещение диапазонов (band rationing), анализ главных компонент (principal components analysis), корреляционные уравнения (correlation equations). Наконец, статья показывает моделирование временной и пространственной изменчивости солёности с использованием комбинированных подходов с привлечением методик слияния и разделения данных.

В других публикациях также отмечается достаточно высокая эффективность для картирования засоленных почв таких методов обработки исходных данных, как пространственно-частотный анализ [23], метод фрактальной геометрии [22], авторегрессия [24], нейронные сети (neural networks) [32] и др.

Масштабные экспериментальные работы по использованию дистанционного зондирования для картирования почвенного засоления проведены в 1998-99 г.г. в провинции Альберта (Канада) [33]. В рамках работ были изучены два ключевых участка, один с естественным засолением, второй – засоленный вследствие искусственного орошения. Почвенная солёность контролировалась с помощью наземного электромагнитного индуктометра солёности в слое почвы от 0 до 60 см. Дистанционные исследования проводились с использованием мультиспектрального датчика, установленного на самолете. В первый год исследований были получены снимки с разрешением 3-4 м, во второй – 0,5 м. Используются четыре диапазона электромагнитных волн: голубой (0,45–0,52 мкм), зелёный (0,52–0,60 мкм), красный, так или иначе, используют элементы Data Fusion Technology.

Процедуры «ERDAS Image 8.4» для анализа космических снимков и классификации земной поверхности Крымского п-ова использовали В. И. Придатко и Ю. М. Штепа [18]. На основе дешифрирования снимков «Landsat-7 ETM», разработаны классификации земной поверхности Крыма, в том числе выделены засоленные территории.

Применение метода нечетких множеств (fuzzy modelling) для повышения эффективности выделения типов засоленных почв по данным дистанционного зондирования рассматривает Д. А. Матернайт [30]. Ею изучались снимки Landsat TM, полученные над засоленной площадью Боливии. Моделирование с использованием нечетких множеств позволило повысить точность результатов, отделение почв с хлорид-сульфатным типом засоления от сульфат-хлоридного достигнуто в 44% случаев. Более высокая точность получена при разделении сульфат-хлоридных солончаков и солонцеватых почв, наиболее информативными оказались данные в ближнем и тепловом инфракрасных диапазонах спектра. Для картирования засоленных почв предложено использовать интегрированные разновременные классификации данных дистанционного зондирования, физические и химические свойства почв и атрибуты форм земли. Три экспертные системы, использующие нечеткие множества и лингвистические правила нечетких множеств для формализации экспертных знаний об актуальной возможности изменений, обработаны и внесены в ГИС. Системы используют подход семантического импорта нечетких множеств, что позволяет интегрировать разнородные данные в базы данных. Выход системы – три карты, представляющие «правдоподобные

изменения», «природу изменений» и «магнитуду (размеры) изменений». Эти карты затем комбинируются с ландшафтной информацией, представленной на различных слоях ГИС. В работе [29] Матернайт показано, что растительность, толерантная к солям, как индикатор для отделения солончаков и солонцеватых почв от неизменных почв не всегда применима в случае использования оптических датчиков Landsat TM или Spot. Более эффективны для этой цели радиолокационные материалы. Метод нечетких множеств применен для классификации радиолокационных спутниковых образов (JERS-1). Полученный опыт свидетельствует, что классификация радиолокационных данных обеспечивает надежное определение (общая точность равна 81%) площадей, деградированных из-за процессов засоления и осолонцевания. Основные проблемы появляются вследствие различной шероховатости почв, определенные классы поверхностей по шероховатости с засоленными и солонцеватыми почвами ошибочно относятся к неизменным.

Методики дистанционного зондирования, использующие в качестве показателя степени засоления почв тип и состояние растительности [28], были применены для обеспечения широкой пространственной оценки солености и подтопления в Восточном и Западном графствах Укаро (Австралия). В бассейне рек Муррей и Дарлинг (Австралия) производились исследования спектральных особенностей засоленных почв на участках орошения [26].

Исследования с целью оценки влияния солености почв на урожай путем применения ГИС и технологий дистанционного зондирования предприняты в юго-восточной части долины Харран (Турция) [25].

Комплексная интерпретация аэрофотоматериалов использовалась для выделения в различной степени засоленных пахотных земель и пустошей в провинции Шаньси (Китай) [35], по данным авторов была достигнута воспроизводимость 90%. Для оценки степени засоления почв и урбанизации сельскохозяйственных территорий в дельте Нила обрабатывались снимки Landsat TM [36]. Результаты обработки разновременных снимков показали, что для 3,74% сельскохозяйственных земель в дельте продуктивность почв уменьшается.

Исследование возможности установления солености гипсоносных почв, используя данные Landsat TM, предпринято в провинции Исмаилия в Египте [27]. Используя классификацию контролируемых образцов, отделены гипсоносные почвы от засоленных почв и от других почв. Наиболее эффективно для разделения гипсоносных и засоленных почв использование теплового диапазона Landsat TM.

Засоление почв на нефтяных месторождениях явление довольно частое, оно вызвано изливающимися на поверхность техногенными потоками, отличающимися высокой минерализацией вод с преобладанием в солевом комплексе хлорида натрия. Засоление обуславливает резкое изменение свойств почв и вызывает обеднение или перерождение растительного покрова [5]. В первую очередь, это касается солонцеватых почв. Почвенные коллоиды, насыщенные натрием, подвергаются пептизации, почвенные агрегаты распадаются, и физические свойства почвы меняются. Наиболее очевидны изменения плотности, агрегатного и

механического состава почв. Не менее существенны и трансформации органической составляющей почв. Прежде всего, это выражается в перераспределении исходных запасов почвенного органического углерода по генетическим горизонтам из-за усиления потечности гумуса при образовании гуматов и фульватов натрия.

ВЫВОДЫ

Применение материалов космических съемок позволило развить новое направление в исследовании засоления почв. Как показывает обзор, исследования проводятся во многих странах, независимо от того, являются они владельцами космических аппаратов или нет. Наиболее широко для исследований применяются космические снимки спутников Landsat, достоинством которых является наличие многих каналов съемки, доступность, разрешающая способность, хорошая привязка и коррекция.

Проблема дистанционной индикации почвенного засоления стоит остро, особенно в странах с засушливым климатом (Австралия, Турция, юг России и др.). Почти всегда использование дистанционных методов для оценки природного и ирригационного засоления почв приносит хорошие плоды. Во многих случаях исследователи опираются не столько на изучение почвенных характеристик, сколько на степень деградации растительности на солончаках и солонцах.

Практически отсутствуют работы по дистанционной оценке техногенного засоления в связи с разработкой месторождений нефти и газа.

Техногенное засоление резко меняет различные характеристики почв и, как следствие, спектрально-яркостный образ засоленных и солонцеватых почв на нефтепромыслах характеризуется ощутимым своеобразием. В то же время для их идентификации и картирования может быть использован довольно богатый опыт изучения природных засоленных территорий и почвенных массивов, подвергшихся засолению в результате ирригационных мероприятий. Для выявления и оценки техногенно засоленных почв как показатель также можно использовать изменение растительного покрова. Но для измененных почв характерны и отличительные черты, например своеобразная конфигурация ореолов и резкое отличие от неизмененных почв по многим показателям, в том числе и в верхнем приповерхностном слое. Современные приемы обработки исходных космических снимков с соответствующим разрешением позволяют достаточно уверенно идентифицировать такие эффекты. Поскольку техногенное засоление почв всегда связано с наличием технологического объекта, то зону поиска участков загрязнения можно существенно сократить, имея точную карту объектов – потенциальных загрязнителей почв. Такая карта создается с использованием ГИС-технологий, а наличие космических снимков среднего и высокого разрешения с космических аппаратов (КА) Landsat, SPOT, Ikonas, QuickBird в комплексе со средствами обработки, заложенными в современных программах, например ERDAS Imagine, поможет решить задачу оценки техногенного засоления почв на нефтегазовых месторождениях.

Список литературы

1. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв / Валерий Львович Андроников. – М.: Колос, 1979. – 280 с.
2. Андроников В. Л. Использование дистанционных методов в почвоведении и в сельском хозяйстве / В. Л. Андроников, Т. В. Королюк // Итоги науки и техники; Вып. 5. Почвоведение. – М.: ВИНТИ, 1985. – 179 с.
3. Афанасьева Т.В. Использование аэрометодов при картировании и исследования почв / Татьяна Васильевна Афанасьева. – М.: Изд-во МГУ, 1965. – 158 с.
4. Бутевищенко Т. П. Изучение состояния посевов хлопчатника по многозональным аэроснимкам с целью отработки методики дешифрования космических снимков / Т. П. Бутевищенко // Космическая съемка и тематическое картографирование. М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 57-62.
5. Васильев А. Н. Прогноз техногенного засоления почв на нефтепромыслах северо-востока Украины в рамках ОВОС / А. Н. Васильев, Н. Е. Журавель – Харьков: Экограф, 1999. – 86 с.
6. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг динамики почвенного покрова / Борис Вениаминович Виноградов // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 55-60.
7. Карманов И. И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. / И. И. Карманов. М.: Колос, 1974. – 351 с.
8. Киенко Ю. П. Использование аэро- и космических снимков для целей комплексного картографирования / Ю. П. Киенко, Ю. Г. Кельнер // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 16-21.
9. Книжников Ю. Ф. Принцип множественности в современных аэрокосмических методах и способы дешифрирования серии снимков при сельскохозяйственных исследованиях / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 47-54.
10. Королюк Т. В. Использование материалов аэрокосмических съемок для контроля за мелиоративным состоянием орошаемых земель / Т. В. Королюк // Тез. докл. Всесоюз. совещания по мелиоративной гидрогеологии, инженерной геологии и мелиоративному почвоведению. М. ВАСХНИЛ, 1984. Ч. II. – С. 166-168.
11. Лялько В. І. Стан і перспективи розвитку аерокосмічних досліджень Землі / В. І. Лялько // Космічна наука і технологія. – 2002. - Т. 8. - № 2.3. – С. 6-28.
12. Овечкин С. В. Дешифрирование по космическим снимкам эколого-почвенных особенностей лесостепной зоны Среднерусской возвышенности / С. В. Овечкин, И. Ю. Савин // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 103-108.
13. Орлов Д. С. Использование отражательной способности нефтезагрязненных почв при аэрокосмическом мониторинге / Д. С. Орлов, Я. М. Аммосова, Е. А. Бочарникова, О. В. Лопухина // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 161-166.
14. Панкова Е.И. Дистанционная диагностика засоления почв под культурой хлопчатника / Е. И. Панкова // Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1990. – С. 175-182.
15. Панкова Е.И. Методические рекомендации по использованию аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах / Е. И. Панкова, В. М. Мазиков. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1985. – 73 с.

16. Попов В. Г. Использование материалов космической съемки при составлении мелкомасштабной почвенной карты Узбекистана / В. Г. Попов, А. М. Разаков, В. Е. Сектименко, А. А. Турсунов // *Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве*. – М.: Наука, 1990. – С. 116-122.
17. Попов М.О. Сучасні погляди на інтерпретацію даних аерокосмічного дистанційного зондування / М. О. Попов // *Космічна наука і технологія*. – 2002.- Т. 8. - № 2.3. – С. 110-115.
18. Придатко В. І. Принципово нові можливості для формування екомережі в Україні у зв'язку з появою досвіду цільової обробки та інкорпорації космознімків в ГІС / В. І. Придатко, Ю. М. Штепа // *Космічна наука і технологія*. – 2002.- Т. 8. - № 2.3. – С. 59-64.
19. Таджиев У. Г. Результаты применения космических снимков при картографировании почв Памиро-Алая / У. Г. Таджиев, А. Д. Ишмуратова, В. М. Мазко // *Аэрокосмические методы в почвоведении и их использование в сельском хозяйстве*. – М.: Наука, 1990. – С. 123-127.
20. Толчельников Ю. С. Оптические свойства ландшафта (применительно к аэросъемке) / Ю. С. Толчельников. – М.: Наука, – 1974. 252 с.
21. Федоровский А. Д. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурно-текстурного анализа / А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук, С. А. Рябоконеко, И. П. Пахомов, К. Ю. Суханов // *Космічна наука і технологія*. – 2002.- Т. 8. - № 2.3. – С. 76-82.
22. Adams J. B. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers - Application to land-cover change in the Brazilian Amazon / J. B. Adams, D. E. Sabol, V. Kapos, R. Almeida Filho, D. A. Roberts, M. O. Smith, A. R. Gillespie. – *Remote Sensing of Environment* 53, 1995, N 2. – P. 137-154.
23. Arai K. A classification method with a spatial-spectral variability / K. Arai. – *International Journal of Remote Sensing* 14, 1993, N 4. – P. 699-709.
24. Arai K. Classification by re-estimating statistical parameters based on the autoregressive model / K. Arai. – *Canadian Journal of Remote Sensing* 16, 1990. – P. 42-47.
25. Cullu M. A. Estimation of the Effect of Soil Salinity on Crop Yield Using Remote Sensing and Geographic Information System / M. A. Cullu // *Turk. J. Agric. – For.* 27, 2003. – P. 23-28.
26. Dehaan R. L. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization / R. L. Dehaan, G. R. Taylor // *Remote Sensing of Environment* 80, 2002, N 3. – P. 406-417.
27. Goossens R. The use of remote sensing to map gypsiferous soils in the Ismailia Province (Egypt) / R. Goossens, E. Van Ranst. – *Geoderma* 87, 1998, N 1-2. – P. 47-56.
28. McFarlane D. J. An overview of water logging and salinity in southwestern Australia as related to the 'Ucarro' experimental catchment. / D. J. McFarlane, D. R. Williamson. – *Agricultural Water Management* 53, 2002, N 1-3, – P. 5-29.
29. Metternicht G. I. Fuzzy classification of JERS-1 SAR data: an evaluation of its performance for soil salinity mapping. / G. I. Metternicht. *Ecological Modelling* – 111, 1998, N 1. – P. 61-74.
30. Metternicht G. I. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints: Review article. / G. I. Metternicht, J. A. Zinck. – *Remote Sensing of Environment*, 2003, Volume 85, Issue 1. – P. 1-20.
31. Pohl-Garsia D. F. Multisensor image fusion in remote sensing: concept, methods and applications / D. F. Pohl-Garsia, R. M. Hoffer. – *Remote Sensing* 19, 1998, N 5. – P. 823-854.
32. Simone G. Image fusion techniques for remote sensing applications / G. Simone, A. Farina, F. C. Morabito, S. B. Serpico, L. Bruzzone // *Information Fusion* 3, 2002, N 1. – P. 3-15.
33. Using Remote Sensing to Map Soil Salinity. [Electronic resource] / Alberta Agriculture, Food and Rural Development – 2002 – 24.04.2010. – Access mode to the magazine : <http://www.agric.gov.ab.ca>.

34. Vernazza G. Territorial analysis by fusion of LANDSAT and SAR data / G. Vernazza, C. Dambra, F. Parizzi, F. Roli, S. B. Serpico / Earth and atmospheric remote sensing: Proceedings of the Meeting, Orlando – FL, Apr. 2-4 – 1991. – P. 206-212.
35. Yu-liang Q. An application of aerial remote sensing to monitor salinization at Xinding Basin / Q. Yu-liang. Advances in Space Research 18, 1996, N 7. P. 133-139.
36. Lenney M. P. The status of agricultural lands in Egypt: The use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. / M. P. Lenney, C. E. Woodcock, J. B. Collins, H. Hamdi. Remote Sensing of Environment 56, 1996, N 1. P. 8-20.

Клочко Т.О. Дослідження сучасного стану проблем виявлення засоленних ґрунтів за даними космічних зйомок / Т.О.Клочко // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2010. – Т.23 (62). – № 2 – С.156-166.

Проведено огляд та аналіз сучасного стану проблем виявлення засоленних ґрунтів за даними космічних зйомок для визначення підходів до досліджень техногенно-засоленних ґрунтів на об'єктах нафтогазодобувних підприємств

Ключові слова: засолення ґрунтів, космічні знімки, вплив нафтогазовидобування.

Klochko T.O. Research of current problems of salted soils revealing basing on space shootings / T. O. Klochko // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – № 2 – P. 156-166.

Basing on space imaging the review and analysis of current problems of salted soils revealing is conducted for identification of approaches to man-caused salted soils investigation at the objects of oil and gas extraction enterprises.

Keywords: salted soils, space imaging, influence of the oil and gas extraction

Поступила в редакцію 06.05.2010 г.