

ГЕОГРАФИЯ

МРНТИ 39.03.15

Ж.Г. Берденов¹, Е.Х. Мендыбаев², Н.Маханова¹, А.Т. Бекетова¹,
В.А. Камкин³

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилёва,
г. Алматы, Казахстан

²Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
г. Актюбе, Казахстан

³Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,
г. Павлодар, Казахстан

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДЗЗ (НА ПРИМЕРЕ АККУЛИНСКОГО РАЙОНА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. В работе приведены основные методы обработки и анализа космических снимков среднего диапазона, применяемые на основе изучения различных методологий дешифрирования. Приведён анализ космических снимков аппарата Landsat-7,8 за 2016-2017 гг., с последующей обработкой в программном обеспечении ArcGIS 10.1, и получением современных карт с компонентами природной среды Аккулинского района Павлодарской области. По итогам исследования сделан вывод, что, основываясь на космические снимки среднего расширения, различного спектрального диапазона, можно определить современное видовое распространение биогеоценозов, выявить тип почвы путем косвенных и прямых признаков.

Ключевые слова: космический снимок, данные дистанционного зондирования, дешифрирование, программное обеспечение.

• • •

Түйіндеме. Бұл жұмыста әр түрлі дешифрлеу әдіснамаларын зерттеуге негізделген орта қашықтықтағы космостық суреттерді талдау мен еңдеудің негізп әдістері сипатталған. Жұмыста Landsat-7.8 құрылғысының 2016-2017 жылдардағы космостық түсірілімдеріне талдау жасалынған, кейін ArcGIS 10.1 бағдарламалық жасақтамасында еңделініп, Павлодар облысының Аққулы ауданының экологиялық компоненттерінің қазіргі заманғы карталары алынған. Зерттеу нәтижелері бойынша әр түрлі спектрлік диапазондардағы кеңеюі орташа космостық түсірілімдер негізінде қазіргі заманғы биогеоценоздардың түрлілік таралуын, топырақ түрінің жанама және тікелей белгілері бойынша анықтауға болады деген қорытынды жасалды.

Түйінді сөздер: космостық түсірілімдер, қашықтық зондаудың мәліметтері, дешифрлеу, бағдарламалық қамтамасыз ету.

• • •

Abstract. This paper presents the basic methods for processing and analyzing mid-range satellite images, based on the study of various interpretation methodologies. The paper presents an analysis of satellite images of the Landsat-7.8 device for 2016-2017, followed by processing in the ArcGIS 10.1 software, and obtaining modern maps of the environmental components of the Akkkulinsky district of Pavlodar region. According to the results of the study, it was concluded that, based on satellite images of various spectral ranges, it is possible to determine the current state of environmental components.

Keywords: space image, remote sensing data, interpretation, software.

Введение. Данные дистанционного зондирования (ДЗ) представляют собой цифровые или фотографические изображения, дающие возможность получения пространственной информации об объекте, и получаемые съемочными системами, размещенными на спутниках или воздушных (самолетах, вертолетах, БЛА и др.) платформах ДЗ. В соответствии с используемыми платформами ДЗ получаемые данные подразделяют на космические фотоснимки (КФС) и аэрофотоснимки (АФС) [1, с. 15].

Методы исследований. В исследованиях применялись данные дистанционного зондирования полученные с космических аппаратов (КА). Используемые в данном исследовании КФС велись в ультрафиолетовом (УФ), видимом и ближнем ИК, среднем ИК, тепловом ИК и радиоволновом диапазонах спектра [2, с. 39].

В *УФ-области* – в отличие от видимого и ИК-диапазонов – очень низкая интенсивность излучения. Участок ультрафиолета 0,1–0,2 мкм – это область спектра, которая полностью поглощается молекулярным кислородом атмосферы и не проходит ниже 60 км к поверхности Земли. *УФ-излучение* в диапазоне от 0,2 до 0,4 мкм опускается до озонового слоя (высота от 15 до 25 км), который защищает все сущее на Земле от губительного воздействия *УФ-лучей*, и только малая часть длинноволнового *УФ* все же достигает поверхности Земли [3, с. 148]. Дистанционное зондирование в видимом и ближнем *ИК-диапазонах* основано на регистрации солнечного излучения, отраженного объектами в соответствии с их спектральной отражательной способностью. На снимках отображаются оптические характеристики объектов – их спектральная яркость. Для съемки необходимо освещение, а облачность в этом случае мешает съемке [4, с. 27].

Зондирование в *тепловом инфракрасном диапазоне* для опре-

деления температуры подстилающей поверхности основано на измерении собственного теплового излучения поверхности. Съёмка в этом диапазоне не зависит от освещения, может выполняться ночью, но облачность и здесь является помехой [5, с.132].

Казахстан имеет свои 4 спутника. Два из них для получения данных дистанционного зондирования: KazEOSat-1 (DZZ-HRES) KazEOSat-2 (DZZ-MRES) [7]. Один спутник связи: KazSat-3. И последний спутник: Al-Farabi был запущен в качестве вторичной полезной нагрузки в феврале 2017 г. с помощью PH PSLV-XL. Спутник небольшой КА 2U CubeSat, построенный студентами Казахского национального университета им. аль-Фараби. Спутник построен как образовательная миссия со вторичной задачей: разработать алгоритмы работы, восходящей / нисходящей линии связи и ADCS Mission, а также для тестирования самодельных компонентов. На спутнике была установлена 3-мегапиксельная CMOS-камера (3Mpx, 2048x1536 CMOS, 35 mm lens) [8].

В связи с дороговизной данных ДЗЗ получаемых от казахстанских спутников в данной работе были использованы снимки с космического аппарата (КА) Landsat-7 выполненные прибором ETM+ и KAAqua и сканером MOD1S, доступные на сайте корпорации ESRI при регистрации. Для уточнения дешифрирования и интерпретации объектов на снимках использовалась информация детального разрешения, полученная из системы Google Maps/ Google Earth/SasPlanet. Для исследования (дешифрирования) параметра распаханности территории, расположения селитебной и прочей застройки, территорий активной эксплуатации природных ресурсов были использованы снимки с космического аппарата (КА) Landsat-8, выполненные прибором ETM+ (Hnhanced Thematic Mapper Plus), за май-сентябрь 2016-2017 гг., полученные в лаборатории «Космической техники и технологии» (ЕНУ им. Л.Н.Гумилёва). Материалы космической съёмки данного КА имеют приемлемое пространственное разрешение для работ на уровне ландшафтов. Его положительной чертой является хорошая интерпретируемость, в силу длительности проведения программы Landsat (с 70-х годов) и широкого применения этого вида космической съёмки во многих сферах научной и практической деятельности [9, с. 252].

Используемые снимки Landsat 7,8 ETM+ выполнены в восьми спектральных диапазонах с пространственным разрешением 15м (панхроматический) и 30 м все остальные 7 каналов (таблица 1), размер одной сцены 170x183 км. Уровень обработки (коррекции) - 1G, включающий радиометрическую и геометрическую коррекцию [6].

Таблица 1 - Характеристики каналов снимка Landsat 7,8 ETM+ [10, с.45]

Спектральный канал	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Область спектра
1	0,45-0,515	30	синяя
2	0,525-0,605	30	оранжево-зелёная
3	0,63-0,69	30	красная
4	0,75-0,90	30	красная, ближняя инфракрасная
5	1,55-1,75	30	средняя инфракрасная
6	10,40-12,50	30	тепловая инфракрасная
7	2,09 - 2,35	30	средняя инфракрасная
8	-	15	видимая

В программе ArcGIS 10.1 есть инструмент «Composite Band» (Объединить каналы) для получения информации об объектах. Его можно найти в наборе «Data Management» Tools-Raster. Каналы снимков от сенсоров Landsat можно смешивать в любых сочетаниях. Всё зависит от того, какие задачи анализа стоят перед исследователем. Подсказкой послужил канонизированный опыт специалистов по обработке ДЗЗ [6, 10, 14]. Например, наиболее «естественную» цветную картинку из космоса можно получить, совместив каналы 3-2-1 (здесь последовательность имеет значение!).

Для изучения рельефа исследуемой территории применялись радиолокационные снимки (разрешение 90 м) в С- и Х-диапазоне (длина волны 5,6 и 3,1 см соответственно) полученные с бесплатного сайта - SRTM [11]. Для дешифрирования и интерпретации информации космоснимков, наряду с литературными данными, использованы фондовые материалы, различных региональных департаментов и служб местного областного управления 2017-2018 гг. (Казгидромет, Земельный комитет по г. Павлодар, Комитет природных ресурсов Павлодарского областного акимата и др.) [12; 13, с. 85; 14].

Результаты исследования. При дешифрировании космических снимков необходимо было учитывать и устранять ряд факторов, препятствующих нормальному ходу проведения качественной классификации снимков. К таким факторам, прежде всего, относятся тени и облачность. Обработка снимка проводилась с помощью программного

обеспечения ArcGIS 10.1. Перед выполнением процедур визуального или автоматизированного дешифрирования проводилась предварительная обработка данных. Она включала в себя создание многоканальных изображений, коррекцию геопривязки и оптимизацию визуального отображения (фильтрацию различными методами) для минимизации влияния шумов, настройки контрастности и яркости. В каждом конкретном случае выбиралась та процедура предварительной обработки, которая приводила к оптимальному с точки зрения дешифрирования результату [15].

Все аэрокосмические снимки принято делить на аналоговые (фотографические) и цифровые (электронные). Изображение цифровых снимков образовано из отдельных одинаковых элементов — пикселей, яркость каждого пикселя характеризуется одним числом. Аэрокосмический снимок состоит из миллионов пикселей. При выполнении практических работ приходится отличать исходные (первичные) снимки, которые получены непосредственно в результате съемки, от их копий и преобразованных снимков, поступающих к потребителям после предварительной обработки. При аналоговой съемке исходным снимком считается оригинальный фотонегатив, при сканерной — «сырой» файл с записью изображения цифрового снимка без какой-либо его коррекции [16].

Методики дешифрирования почв, не покрытых растительностью, и полностью покрытых растительностью, принципиально различаются тем, что осуществляются они соответственно по прямым и косвенным признакам, которые в свою очередь подразделяются на оптические, геометрические, структурные и текстурные. В зависимости от способа съемки данные дистанционного зондирования Земли, наиболее часто применяемые для дешифрирования почв можно разделить на фотографические и сканерные. Фотографический снимок воспроизводит изображение объектов при помощи различных тонов, которые в большей степени зависят от цветочувствительности использованных негативных материалов. К прямым дешифровочным признакам почвенного покрова относятся тон, цвет, рисунок (текстура фотоизображения), размер и форма почвенных ареалов, к косвенным - характер рельефа и гидрографии, растительность, сельскохозяйственная деятельность человека [17, с.49]. При анализе работ, посвященных изучению степных, и сухостепных районов постсоветского пространства [1; 4, с. 56; 9] было установлено, что тональность снимков позволяет четко и ясно отличать черноземы от темно-каштановых почв, а темно-каштановые от светлых.

Методы дешифрирования растительности по данным дистанционной информации при всем их разнообразии сводятся к двум основным: визуальному и автоматизированному [10, с. 101]. Наиболее

существенное влияние на спектральный отклик растительности оказывают следующие доминирующие факторы: пигменты листа, структура клетки, содержание воды [18]. При изучении растительности использовалась комбинация каналов 4-3-2, которая обладает гораздо большей информативностью и точностью для задач дифференциации растительного покрова и заселённых (селитебных) территорий. Плотный красно-розовый цвет является показателем насыщенности хлорофилла (растительности), а холодные голубые тона отвечают за городскую застройку. Распознавание форм рельефа проводилось по теням, по наличию водоемов, болот, по направлению течения рек и ручьев и т.д. [19,с.53]. На цифровых радиолокационных снимках, получаемых в диапазоне 1 мм - 1м, фиксировалась структура («шероховатость») поверхности, а цифровые значения соответствовали разности ее высот, включая микрорельеф, высоты объектов (деревьев, травы и т.д.) [14, с.125]. В результате обработки снимка SRTM, а также в программе ArcGIS 10.1 сочетание каналов 7-4-2 снимка Landsat 7, позволяющее контрастно оттенить поверхности водоёмов, была составлена карта рельефа Аккулинского района Павлодарской области (рисунок 1).

Отмывка рельефа по снимкам SRTM

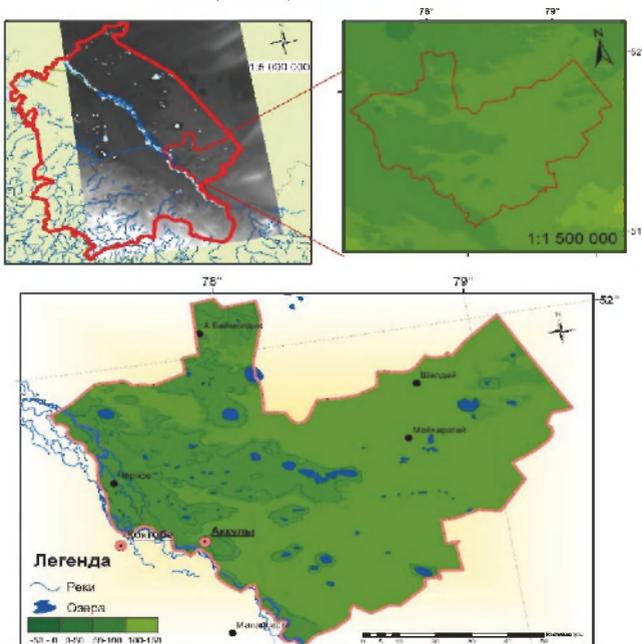


Рисунок 1 - Карта рельефа Аккулинского района

Радиолокационные снимки отражают геометрические характеристики поверхности, что позволило определить топографические и геологические структуры, а также измерить морфометрические характеристики рельефа [18]. Для получения геологической карты территории, использовались фотографические снимки с околоземных орбит высотой 200–400 км. Дешифрирование КФС масштабов 1:1000000–1:200000 позволило получить данные о геологических и геоморфологических объектах регионального и локального порядка: кольцевых структурах, линеаентах, литолого-стратиграфических комплексах, мезоформах рельефа и т.п. При этом достигается возможность увязки разрозненных элементов крупных структур [19, с.45].

Специфика дешифрирования почв по аэро- и космическим снимкам обусловлена их своеобразием как природных объектов, имеющих определённое строение генетического профиля и почвенных горизонтов, не отражаемых на снимках. На аэро- и космических снимках находит отражение территория не покрытая растительностью, верхний горизонт почвы, генетически связанный со всем профилем [20].

На территории Аккулинского района Павлодарской области по космическим снимкам среднего разрешения, использовалась комбинация 4-5-3 (с этой комбинацией полос, тип и состояние растительности проявляются как вариации оттенков «коричневый, зеленый и оранжевый»). Комбинация демонстрирует различия во влажности, что полезно для анализа условий почвы и растительности [20]. Удалось различить сверхмощные темно-каштановые почвы водораздельных пространств (среди них типичные, выщелоченные и карбонатные), темно-каштановые, каштановые почвы, почвы лиманных депрессий (луговые солончаки), речных долин (аллювиальные и лугово-черноземные), пески, массивы солончаков и солонцов. Основными дешифровочными признаками являлись тон и текстура изображений [21]. Итогом на данном этапе работы, стала почвенная карта Аккулинского района масштаба 1:150 000.

Исследуемый район характеризуется каштановыми почвами в зоне равнин в подзоне сухих степей. Почвообразующие породы понижений представлены озёрно-аллювиальными отложениями. Наличие в почвенных породах хорошо растворимых солей является источником засоления сформировавшихся солончаков (14,15,16), солонцов (10,11,12,13) и луговых засоленных почв (2,4-6). На распаханных полях или на полях с невысокими (до 10-20 см) всходами зерновых и пропашных культур, а также на территориях со слабым естественным покрытием растительностью (до 12-15 %) отражательные особенности почв и их дешифровочные признаки определяются свойствами самих почв, и прежде всего, их верхнего горизонта: содержанием гумуса, карбонатов, гранулометрическим составом, влажностью, опод-

золенностью, засолением, содержанием железа и др. [22]. Было показано, что коэффициент яркости распаханной почвы зависит от многих её свойств: минералогического и механического состава, содержания гумуса и растворимых солей, влажности, фактуры поверхности. При этом все перечисленные параметры влияют в основном лишь на величину коэффициента яркости почвы и почти не изменяют характера её кривой. Но при детальном анализе Холчельников Ю.С. [22, с.42] выяснил, что многие выше описанные параметры, воздействующие на яркость почв, при одинаковых условиях одинаковы.

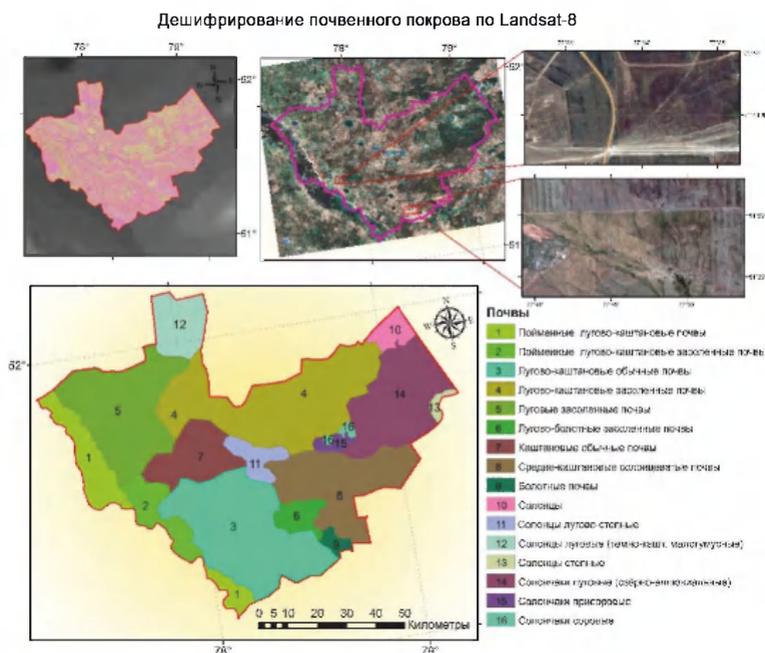


Рисунок 2 - Почвенная карта Аккулинского района Павлодарской области (на основе дешифрирования КС Landsat-8)

Для определения физических параметров растительности используются коэффициент яркости, определяемым в одном диапазоне или отношением яркостей в двух диапазонах. Наряду с дешифрированием при определении растительности использовались фондовые материалы различных ведомств [23, 24]. При дешифрировании космических снимков аппарата Landsat 8 ETM+ за 2017 г. в ранневесенний период территории исследования, используя комбинацию 4-3-2

и 5-3-1 и различные литературные данные [10,25, с.85, 26], была составлена карта растительности Аккулинского района масштаба 1:150 000, при программном обеспечении ArcGIS 10.1 [27].

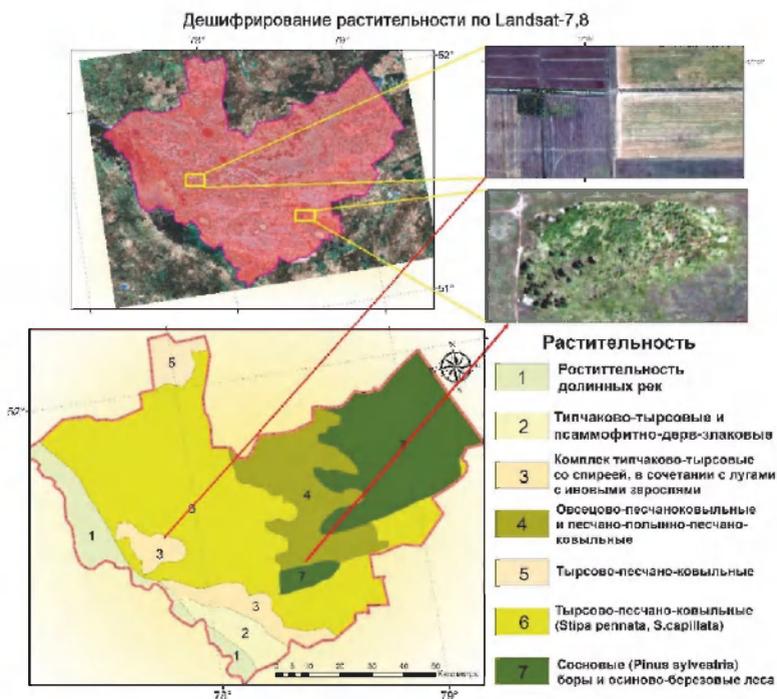


Рисунок 3 - Карта растительности Аккулинского района

Растительность долинных рек (1) сосредоточена в основном вблизи р. Ертис, и занимает малую часть исследуемой территории. Типчакowo-тырсовая ассоциация формируется на солонцах степных и среднесолонцеватых слабоволнистой равнины при умеренном пастбищном использовании (рисунок 3, контур 2). Тырсово-песчано-ковыльные ассоциации (рисунок 3, контур 6) формируются на каштановых обычных почвах слабоволнистой равнины. Структура травостоя двухъярусная: первый формирует тырса, второй – типчак (змеевка растопыренная, тонконог стройный, овсец пустынный, зопник клубненосный). Овсецево-песчаноковыльные и песчано-полынные и песчано-ковыльные ассоциации (рисунок 3, контур 4) формируются на бугристых песках, иногда на каштановых почвах. Сосновые боры и осиново-березовые леса (рисунок 3, контур 7) сформировались на бо-

ровых песках в пониженных элементах рельефа. В древостое доминируют сосны и березы, иногда встречаются осины. В кустарниковый ярус входят шиповник, боярышник и таволга городчатая. Травяной ярус практически отсутствует, поверхность почвы покрыта толстым слоем хвойного, веточного и шишкового опада.

Обсуждение результатов. Спектральная отражательная способность зеленой растительности является характерным признаком и очень изменяется с длиной волны. Спектральные отражательные характеристики природных образований несут в себе специфическую информацию о поверхности Земли и являются основой дистанционных методов ее исследования [23,с.37]. Считается, что растительность, естественная или культурная, является индикатором дешифрирования почвенного покрова, формы рельефа, грунтовых вод, подстилающих пород и отложений [24]. Спектральное отражение растительности определяется сильным поглощением отражательной способности хлорофилла и каротиноидов в интервале 0,40 - 0,47 мкм и хлорофилла в интервале 0,64 - 0,68 мкм, что приводит к наличию характерных минимумов в коэффициенте спектральной яркости растительности. Антоцианы оказывают существенное влияние в зеленой области спектра. В спектральном интервале 0,7 - 1,1 мкм, где пигментное поглощение мало, сильно возрастает коэффициент спектральной яркости листьев. На более длинных волнах доминирующую роль играет поглощение излучения водой, содержащейся в листьях.

При диагностике почв по данным дистанционного зондирования, при условии, что почва не покрыта растительностью - цвет является главным признаком, от которого зависят спектральные отражательные свойства почв. Использование аэрокосмических методов при почвенных исследованиях основано на том, что поглощение, излучение, рассеивание и отражение электромагнитной энергии различными почвами селективно и специфично для каждого вида почвы [17, с. 25].

Выводы. Анализ данных дистанционного зондирования позволил создать карты современного состояния природных компонентов исследуемой территории. По исследованиям можно сделать вывод, что идентификация объектов земной поверхности по цифровым мультиспектральным снимкам основана на различиях в отражательных свойствах объектов и может производиться по интегральному коэффициенту яркости или по коэффициенту спектральной яркости. Так, территория Аккулинского района Павлодарской области представлена древнеаллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями. Почвы Аккулинского района – каштановые и темно-каштановые, по механическому составу градируются от песчаных до тяжелого суглинка.

Изучение растительного покрова показало, что на исследуемой территории преобладают ковыльно-типчаковые степи на каштановых

почвах, галофитные степи и луга на солонцах и засоленных почвах, также мезофитная и гидрофитная растительность на отрицательных элементах рельефа. Данные исследования подтверждают, что наибольший эффект при распознавании почв и растительности дают дистанционные многоканальные разновременные съемки.

Список литературы

1 *Виноградов Б.В.* Аэрокосмический мониторинг экосистем. - М.: Наука, 1984. - 320 с.

2 *Виноградов Б.В.* Космические методы изучения природной среды. — М.: Мысль, 1996. - 285 с.

3 *Козинцев В.И.* Оптико-электронные системы экологического мониторинга природной среды: учеб. пособие / В. И. Козинцев [и др.]; под ред. В. Н. Рождествина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 528 с.

4 *Савиных В. П.* Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования / В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – М.: Картгеоцентр – Гео-дезиздат, 2001. – 228 с.

5 *Залетов А.А., Михайлов И.С., Новожилова В.В. и др.* Использование мелкомасштабных космических снимков при использовании почв и земельных ресурсов аридной зоны Монголии // Тез. докл. 6 Делегат, съезда Всес. о-ва почвоведов. - Тбилиси, 2010. - Кн. 4. - С. 144.

6 *Лабутина И.А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков. - М.: Аспект Пресс, 2004. -184 с.

7 Электронный ресурс. <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparatu/58-kazakhstan>. (дата обращения: 30.12.2018).

8 Электронный ресурс. <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparatu/58-kazakhstan/1688-al-farabi>. (дата обращения: 03.01.2019).

9 *Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И., Лурье И.К., Сваткова Т.Г., Серапинас Б.Б.* Картоведение. — М.: Аспект Пресс, 2003. - 477 с.

10 *Кашкин В. Б.* Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие / В. Б. Кашкин, А. И. Сухонин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.

11 Электронный ресурс. <http://srtn.csi.cgiar.org/> (дата размещения: 08.01.2019).

12 *Андроников В.Л., Королюк Т.В.* Изучение мелиоративного состояния орошаемых земель по материалам аэрокосмической съемки // В сб.: Докучаевское почвоведение 100 лет на службе сельского хозяйства. - Л., 1983. - С. 94-95.

13 *Кравцова В.И.* Космические методы картографирования. - М.; Изд-во МГУ, 1995. - 280 с.

14 Лаборатория дистанционных методов и геоинформационных систем (ЛДМ ГИС) ГГИ [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.hydrology.ru/depart/dep/igis/>. (дата обращения: 18.01.2019).

15 *Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V.* Fundamental quantitative methods of land surface analysis. // *Geoderma*. - 2002. - 107 (1-2). - P. 1-32.

16 *Андроников В.Л.* Новый многозонально - разновременной аэрокосмический метод изучения и картографирования почв // В сб.: Всес. научн. конф. «Современные методы исследования почв». - М.: МГУ, 1983. - С. 122.

17 *Андроников В.Л., Семина Е.В., Шершукова Г.А.* Аэрокосмические методы исследования и картографирования почвенного покрова лесных территорий // В сб.: Аэрокосмические методы исследования лесов. - Красноярск, 1984. - С. 45 - 47.

18 *Книжников Ю. Ф.* Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студентов вузов / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М.: Академия, 2004. – 336 с.

19 *Анисимов А.Г.* Опыт применения космических снимков при составлении среднemasштабных почвенных карт // В сб.: Тез. докл. 6 Делегатского съезда Всесоюзного общества почвоведов. - Тбилиси, 1981. - Т. 4. - С. 142.

20 *Smith S.M., Cutler E.Y.B.* A comparative analysis of true colour and colour infrared aerial photography as aids in the mapping of soils. New Zealand // *J. Sci.* - 2012. - №25.-P. 325-334.

21 *Дейвис Ш.М., Ландгребе Д.А., Филлипс Т.Л. и др.* / под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис. Дистанционное зондирование: количественный подход. Пер. с англ. - М.: Недра, 1999. - 415 с.

22 *Холчельников Ю.С.* Факторы изображения на аэроснимках почв распаханых массивов (на примере Северного Казахстана) // Тр. Лабор. Аэрометодов АН СССР. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. - Т. 4.

23 Интернет ресурс. <https://kazhydromet.kz/ru/bulleten/okrsreda?year=2018>. (дата обращения: 12.01.2019).

24 *Кейко Т.В.* Использование данных космического зондирования для изучения структуры почвенного покрова на примере бассейна р. Куды // География и природные ресурсы. - 1999. - №4. - С. 84-86

25 *Лабутина И. А.* Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: метод. пособие / И. А. Лабутина, Е. А. Балдина. – М., 2011. – 88 с.

26 *Лурье И.К., Косиков А.Т.* Теория и практика цифровой обработки изображений // Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Под ред. Берлянта А.М. - М.: Научный мир, 2003. -168 с.

27 Берденов Ж.Г., Мендыбаев Е.Х., Камкин В.А., Атаева Г.М., Инкарова Ж.И. Использование методов дистанционного зондирования в изучении пространственно-временных характеристик растительного покрова Аккулинского района Павлодарской области // Вестник КазНУ. Серия Науки о Земле.- Алматы: КазНУ, 2019.- №4 (134).- С. 40-46.

Берденов Ж.Г., PhD, доцент, e-mail: berdenov-z@mail.ru

Мендыбаев Е.Х., кандидат биологических наук, профессор АРГУ, e-mail: beskurek@mail.ru

Маханова Н., докторант

Бекетова А., докторант, e-mail: atbeketova@mail.ru

Камкин В.А., кандидат биологических наук, доцент