

УДК 631.52:633.31

Канд. с.-х. наук	К.К. Кубенкулов *
Канд. с.-х. наук	Н.Э. Бекмухамедов *
	А.Х. Наушабаев *
	С.Б. Чоканов *

МОРФО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПОЧВ ПУСТЫННЫХ ПАСТБИЩ КАЗАХСТАНА И ИХ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА*СЕРО-БУРАЯ ПОЧВА, ПЛОДОРОДИЕ, МОНИТОРИНГ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, КОЭФФИЦИЕНТ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ*

Изложены результаты исследований морфо-генетических признаков и оптических свойств зональных и интразональных почв пустынной зоны Казахстана для целей разработки технологии космического и наземного мониторинга пастбищ. Определены коэффициенты спектральной яркости почв, которые в среднем составили для серо-бурых почв – 0,38 %, такыров – 0,60 % и солончаков – 70 %.

Казахстан – крупнейшее животноводческое государство в Центральной Азии и располагает большим резервом для дальнейшего развития, как самой отрасли, так и ее кормовой базы. Из 182 млн. га природных кормовых угодий 124 млн. га находятся в зоне пустынь и полупустынь – регионах отгонного животноводства. В настоящее время здесь на фоне общей аридизации планеты, а так же многолетнего бессистемного использования пастбищ наблюдается их масштабная деградация, и снижение кормоемкости.

Указанные обстоятельства требуют непрерывного систематического слежения за экологическим состоянием огромной территории пастбищ, выполнение которых традиционным наземным методом малочисленными отрядами геоботаников и почвоведов невозможно. Выход видится во внедрении новых средств и технологии сбора и обработки информации о состоянии главных природных объектов пустынных пастбищ – растительного и почвенного покровов. На наш взгляд таким приемом мониторинга пастбищ может являться использование современных средств и методов наземного исследования и увязка их результатов с данными дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

* КазНАУ, г. Алматы

Цель почвенного мониторинга – раннее выявление и устранение негативных изменений в состоянии почвенного покрова [1, 2]. При этом следует учесть, что почва представляет собой систему менее динамичную и более буферную, чем растительный покров и почва в сочетании с климатом определяет состояние растительного покрова. Поэтому изучение почвенного покрова, особенно аридных регионов, в значительной степени предопределяет состояние пастбищ.

Известно, что использование материалов ДЗЗ обеспечивает высокую обзорность и естественную генерализацию изображения с высокой масштабной и спектральной разрешающей способностью (значительно больше информации, чем человеческое зрение). Это позволяет одновременно изучать объекты обширной территории столь детально, что может определить отдельные виды растительности и изменение состояния почвы по отдельным признакам [3, 4]. При подборе соответствующих режимов космоснимок позволяет раскрыть направление и темп почвенных процессов в динамике. Поэтому умелое сочетание наземного мониторинга с космическим, значительно повышает точность и оперативность наблюдений. А тесная увязка информативно-диагностических признаков почв с данными ДЗЗ позволяет решить главную задачу мониторинга – распознавание состояний почвенного покрова безконтактным обследованием.

Последние десятилетия при оценке состояний почвенного покрова, параметров ее дешифровочных признаков – гумусированность, влажность, засоленность, гранулометрический состав и других, широкое распространение получили дистанционные методы [5-10]. При этом следует иметь в виду, что почва, как целостный природный объект, имеющая набор определенных горизонтов, ни на аэроснимках, ни на космоснимках, непосредственно, не может быть изображена. Но, наличие явлений парагенетичности – совместного закономерного расположения горизонтов в профиле почв позволяет по отдельным индикативно-диагностическим признакам дневной поверхности определить ее генетическую принадлежность и соответственно установить полное номенклатурное наименование, где отражаются ее качественные состояния. Данное обстоятельство является теоретической основой космического мониторинга почв. При этом главным и прямым дешифровочным признаком почв является тон изображения космоснимка, физической основой которого являются спектральные свойства почвы. На космоснимках пустынной зоны, тоны изображения песка и солончаков более четко различаются в зеленой, особенно в синей зоне спек-

тра, а серо-бурые солончаковатые от серо-бурых солонцеватых в зеленой и красной зонах [11]. Следовательно, установление количественных показателей индикативно-диагностических признаков поверхностного горизонта почвы, полученного контактными (наземными) исследованиями, в сроки, наибольшей степени отражающие специфику его состава и свойств, соответственно, и состояние всей почвы, с одной стороны, и их проявление и корреляция с тоном изображения на космоснимках с другой, позволяет решить проблему ведения мониторинга пустынных пастбищ высокой оперативностью с малым затратам средств.

Цель настоящей работы показать возможности технологии космического мониторинга, которая кооперирует усилия специалистов узких отраслей знаний – геоботаников и почвоведов и использует достижения современного космического земледения. Для этого изучение почвенного и растительного покровов пустынных пастбищ проводилось в сочетании с данными ДЗЗ, полученными синхронно.

Изучаемые объекты расположены в центральной подзоне пустынной зоны суббореального пояса Туранской и Центральноазиатской почвенно-климатической фации и используемые как пастбище для отгонного животноводства.

Объектами исследования были почвенные покровы 4-х полигонов: Северные Кызылкумы – песчаный массив расположенный южнее сухого русла р. Жанадарьи и западнее р. Сырдарьи на широте с. Жанакуртан, Южные Кызылкумы – песчаный массив западнее с. Кызылкум, Плато Бетпақдала – территории пастбищных стоянок Мешыткудык, Жылыбулак и Сарытоган и Юго-восточное Прибалхашье – территории в междуречий Аксу – Лепси и между последней и озером Балхаш. При определении представительности полигонов руководствовались среднemasштабными топографическими и геоботаническими картами и космическими снимками. Основными условиями выбора полигонов были почвенные и геоботанические контуры с наиболее сложными рисунками и максимальными значениями варьирования его основного параметра – оптической яркости, а ключевых участков – степени их деградированности.

Изучение и оценка эколого-мелиоративного состояния почв и их варьирование в пределах пилотных участков проводилось на основе учета изменений в сочетаниях факторов почвообразования: мезо и микроформ рельефа, ботанического состава и состояний растительного покрова и почвообразующих пород. При подборе ключевых точек и описании морфоло-

гических признаков разрезов особое внимание акцентировалось на контролируемые параметры ранней диагностики развития негативных процессов. Описание морфологических признаков генетических горизонтов профилей почв и их поверхности проводилось в ясные безоблачные дни в интервале времени от 10 до 16 часов. Оно сопровождалось определением количественной характеристики отражательной способности почв – коэффициента спектральной яркости (КСЯ), являющегося фотометрической функцией, характеризующей структуру отраженного излучения поверхностью почвы. Определение проводилось портативным гиперспектрометром Field spec Hand Held UV/VNIR с разрешающей способностью в пределах 325...1075 нм.

Для объективности данных полевых визуальных наблюдений отбирались образцы почв для анализа на содержание гумуса, влажности, состава водной вытяжки, гранулометрического состава и состава поглощенных оснований. Методы анализов общепринятые, адаптированные для почв пустынной зоны Казахстана.

Важным и необходимым условием сопряженных полевых исследований пастбищ являются сроки проведения наблюдений. В наших условиях они соответствовали промежутку времени между третьей декадой апреля и второй декадой мая – период максимального отрастания и формирования весенней урожайности пастбищной растительности.

На ключевых участках проводились: определение GPS координат; описание макро, мезо и микроформ рельефа местности; проведение фотоснимков поверхности пастбищ (надир и перспективу); проведение спектротрической съемки дневной поверхности почвы без- и с растительностью, а так же поверхности генетических горизонтов; осуществление наблюдений за видовым составом, фенологическим состоянием пастбищной растительности; определение урожайности пастбищной растительности, путем взятия растительных образцов с полукустарников и травянистых укосным способом; определение проективного покрытия и степени деградированности пастбищ по состоянию почвенного и растительного покровов; описание профиля почвы с установлением ее полного номенклатурного названия (тип, подтип, род, вид, разновидность, разряд).

Полученные результаты наземных наблюдений и измерений были внесены в таблицы установленного образца для проведения совместного анализа их с данными ДЗЗ и разработки спутниковых методов определения эколого-мелиоративного состояния территории.

Особенности условий почвообразования и информативно-диагностические признаки почв пустынных пастбищ. Почвы центральной пустынной подзоны представлены зональными (серо-бурые) и интразональными (песчаные пустынные, такыры, такыровидные, солонцы и солончаки) почвами [12-15]. Почвообразование в подзоне протекает в особо жестких климатических условиях, характеризующихся резкоконтинентальностью, засушливостью, свойственной внутриматериковым пустыням умеренного пояса [16]. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 5,3 до 11,8 °С, летняя – от 22 до 28 °С, зимняя – от 2,6 до 15,6 °С, сумма эффективных температур составляет 3200...4000°. Количество осадков – 100...160 мм с максимумом выпадения (60...70 %) в зимне-весенний период. Глубина промачивания почв не превышает 0,6...1,0 м, среднеголетние запасы продуктивной влаги к началу вегетации растений в верхнем 0,5 м слое серо-бурых почв не превышают 40 мм [17]. Из всех изучаемых объектов наименее увлажнены почвы полигона Южные Кызылкумы. Гидротермический коэффициент (ГТК) подзоны за период с температурой воздуха выше 10 °С изменялся в пределах 0,1...0,3, что соответствует сильно аридным территориям мира с пустынными почвами [18].

Серо-бурые почвы формируются под боялышево-биюргуновой, биюргуновой, полынно-боялышевой и полынной ассоциацией со слабо развитыми эфемерами и эфемероидами. Наиболее характерной морфогенетической особенностью почвы является наличие на её поверхности хрупкой пористой уплотненной корки мощностью от 1...3 до 5...10 см и залегающий под ним слоегато-чешуйчатый горизонт. К главным особенностям этих почв относятся малая мощность гумусового горизонта (5...15 см) с низким содержанием (0,5...1,5 %) гумуса фульватного состава. Они могут встречаться однородными массивами, но чаще в комплексе и в сочетании с такыровидными почвами, такырами и солонцами. При этом здесь солонцы часто замещаются такырами. Такыры формируются в замкнутых депрессиях и западинах, служащих аккумулятором атмосферных вод, твердых минеральных веществ и растворимых солей, намываемых с более высоких поверхностей. Это своеобразные эфемерно-поверхностно-гидроморфные почвы. Основным диагностическим признаком является наличие на поверхности очень плотной палево-серой пористой корки, разбитой трещинами на полигональные отдельные мощности до 5...7 см. Они чаще солонцеваты и солончаковаты. Высшая растительность на такырах почти отсутствует, лишь местами на их поверхности

поселяются редкие экземпляры неприхотливых солянок (в основном биюргун), единичные, чахлые кусты саксаула или тамарикса. Такыры так же встречаются отдельными участками среди песчаных массивов.

Такыровидные почвы получили распространение в подзоне серобурых почв. Это сильноопустыненные бывшие пойменные почвы, формирующиеся под изреженным покровом саксаулово-солянково-полынной растительности. Им свойственно наличие на поверхности палево-серой слоеватой, сильно пористой, рыхловатого сложения корки, разбитой трещинами на полигональные отдельности. Горизонт является информативно-диагностическим, определяющим спектральный образ этих почв на космоснимках.

Песчаные пустынные почвы формируются на песчаных массивах с полого- и мелкобугристым и слабоволнистым рельефом, закрепленном растительностью, где в верхней толще (до 20...30 см) получил развитие почвообразовательный процесс под эфемерово-полынными и саксаульно-эфемеровыми ассоциациями. Профиль слабо дифференцирован на горизонты. На поверхности выделяется тонкая 0,5...1,5 см сероватого цвета хрупкая корочка, нередко замещенная сыпучим песчаным слоем. Под ней залегает сильно корешковатый слабо гумусированный горизонт А (5...10 см), переходящий в менее корешковатый горизонт В (10...15 см). Ниже следует рыхлая песчаная толща.

Солонцы формируются на микропонижениях равнин на засоленных породах под покровом биюргуна или черной полыни. Диагностирующим признаком служит поверхностный элювиальный надсолонцовый горизонт А, имеющий палево- или светло-серый цвет.

Солончаки и солончаковые почвы занимают пониженные части мезорельефа и формируются под солянками. Главным диагностирующим признаком является наличие на поверхности почвы скопления солей в виде налета, порошка или корки.

Из характеристик почв природной зоны пустынь следует, что на аэро- и космоснимках могут быть довольно контрастно изображены отдельные поверхностные горизонты, принадлежащие к той или иной почве и их состояние. При этом главными индикативными признаками почв подзоны следует считать следующие показатели состава и свойств почв, проявляемые через дневную поверхность: гранулометрический состав, влажность, солончаковость, осолонцованность, каменистость, трещиноватость, эродированность.

Морфогенетические признаки почв полигонов и их спектральная отражательная способность.

Северные Кызылкумы. Почвенный покров песчаного массива представлен песчаными пустынными почвами, а на древних долинах рек аллювиально-луговыми опустынивающимися и такыровидными почвами.

Мезорельеф песчаного массива в целом грядово-бугристо-ячеистый. Гряды высотой 15...20 м ориентированы с СВ на ЮЗ с межгрядовым расстоянием около 3 км, заполненные песчаными буграми высотой 5...6 м с замкнутыми понижениями овальной формы от 20 до 50 м. Растительный покров представлен саксаулом, жузгуном, осокой вздутоплодной, бурачком, тюльпаном, маком, эбелеком, костром. Проективное покрытие варьирует от 15 до 40 %, уменьшаясь от донной части котловин и ложбин к водораздельной. На северо-восточных экспозициях в растительном покрове место осоки замещает полынь белоземельная, обладающая более высоким проективным покрытием. Поверхностный горизонт почвы, получивший развитие под осокой представлен слабоскрепленным песчаным слоем (4...6 см), а под полынью – скрепленным песком с трещиноватой поверхностью. Ниже приведено описание профиля почв, сформировавшиеся под осокой. Разрез заложен 26.04.2013 г. на средней части юго-восточной экспозиции котловины.

- | | |
|----------------------|--|
| A ₁ 0-4 | Светлобуровато-серый ($10YR\ 6/2$ по шкале Манселла), сухой, рыхлый, сыпучий, песчаный, без корней, но со стеблями осоки, переход ясный по корешковатости; |
| A ₁₂ 4-12 | Светлобуровато-серый ($10YR\ 6/2$), свежий, сильно пронизан мелкими корнями осоки, скрепляющей почвенную массу горизонта в дернину, но легко освобождающийся от песка при встряхивании, песчаный, переход постепенный по окраске и степени корешковатости; |
| B 12-27 | Светложелтовато-бурый ($10YR\ 6/4$), слегка влажный, слабо уплотнён, песчаный, пронизан мелкими корешками осоки, переход постепенный по окраске и влажности; |
| C 27-135 | Светложелтовато-бурый ($10YR\ 6/4$), влажный, слабо уплотнён, песчаный, редкие корни. |

Глубина промачивания профиля 110 см.

Поверхность почвы, сформировавшаяся под растительностью с преобладанием полыни (60 % от растительного покрова) отличается трещиноватостью и наличием лишайника. В профиле почвы отсутствует слабоскрепленный песчаный слой подгоризонт $A1_1$, что указывает на отсутствие дифференциации гумусового горизонта на подгоризонты. Гумусовый горизонт А характеризуется наличием слоеватости в верхней части и рыхло-комковатой структуры остальной части. Содержание гумуса – 0,36 %, физической глины – 6,5 %.

Изучение морфо-генетических признаков пустынных песчаных почв массива позволяет заключить, что закрепление подвижного песка и формирование на нем устойчивого почвенного покрова, соответственно и рельефа обязаны осоке вздутоплодной и полыни белоземельной.

Южные Кызылкумы. Полигон отличается более южным расположением (на 170 км) и более высокой (на 100 м) абсолютной отметкой по сравнению с Северными Кызылками. Указанные особенности полигона, несмотря на идентичность гранулометрического состава и мезорельефа, под влиянием более засушливых атмосферных условий формирует тот же состав растительности, но их более ксероморфные формы. Ниже приведён профиль песчаной пустынной почвы, сформировавшийся под осокой толстостолбиковой и маком, произрастающим среди саксаула и жузгуна. Проективное покрытие 45...50 %.

- | | |
|-------------|--|
| $A1_1$ 0-2 | Светло-буровато-сероватый ($2,5Y \frac{6}{2}$), сухой, уплотнен, стебли осоки, отходящие от узла кущения, переход ясный по корешковатости; |
| $A1_2$ 2-11 | Светло-буровато-сероватый ($2,5Y \frac{6}{2}$), сухой, слабоуплотнен, песчаный, сильно пронизан и переплетен корнями, скрепляющими почвенную массу в дернину, однако легко освобождающиеся от песчаных частиц при встряхивании, переход постепенный по степени корешковатости; |
| B 10-38 | Светло-желтовато-бурый ($2,5Y \frac{6}{4}$), сухой, слабоуплотнен, непрочнокомковатый, песчаный, пронизан корнями, переход постепенный по окраске; |
| C 38-140 | Светло-желтовато-бурый ($2,5Y \frac{6}{3}$), до 60 см сухой, свежий ниже опять сухой, слабоуплотнен, песчаный. |

Из описанных профилей видно, что песчаные пустынные почвы Южных Кызылкумов отличаются от Северных:

а) более светлой окраской поверхностного горизонта и в целом всего профиля с преобладанием светло-желтоватого оттенка горизонтов В и С;

б) меньшей увлажненностью верхней части профиля при почти одинаковой глубине промачивания (~1 м);

в) малой мощностью (до 2...3 см) верхнего гумусового подгоризонта А₁, при 4...7 см для Северных Кызылкумов.

В отличие от Северных все зимовки и колодцы на территории Южных Кызылкумов в полной мере используются для нужд отгонного животноводства.

Бетнакдала. Полигон расположен в пределах Жамбылской области и представляет собой постепенно повышающуюся с юго-запада на северо-восток холмисто-волнистую равнину с отдельными сопками и множеством замкнутых понижений. В связи с чем, почвообразующие породы и растительность, соответственно и почвенный покров при однородности климатических условий, характеризуются большей пестротой. Основной почвенный фон – серо-бурые почвы. В зависимости от смены рельефа, экспозиции и почвообразующих пород она подвержена значительной вариации – от нормальных (обычных) до малоразвитых родов, от легкосуглинистых сильно защебненных до глинистых, от незасоленных до сильно солончаковых и солонцеватых. Они формируются под полынно-боялычевой ассоциацией и, как правило, в той или иной степени засолены.

Для профилей серо-бурых почв, сформировавшихся на плоских водоразделах слабоволнистой равнины и верхней части ее слабонаклонных склонах характерно следующее строение профиля.

- А 0-11 Светло-сероватый, сухой, уплотнен, в верхней части слоеваточешуйчатая пористая корка, легкосуглинистый, слабозащебнен, редкие корни, переход ясный по окраске;
- В_{са} 11-29 Темно-бурый, свежий, легкосуглинистый, комковатый, редкие мелкие корни, карбонатные белоглазки, слабозащебнен, переход постепенный по окраске;
- ВС 29-46 Бурый, свежий, уплотнен, легкосуглинистый, карбонатные белоглазки, защебнен;
- С 46-66 Розоватый, свежий, плотный, гипсосодержащий, легкосуглинистый.

Профили подобных почв, чаще всего на глубине до 1 м подстилаются рудляком-элювием коренных пород, а для сформировавшихся в средней части склонов характерен более мощный профиль с ясно выраженным карбонатным горизонтом. Ему свойственно подстиание гипсовой почвообразующей породой.

Такыры получили распространение в наиболее низких частях замкнутых понижений. Поверхность их ровная, лишена растительности, гладкая весной, полигональная трещиноватая летом.

Пастбищные ресурсы полигона практически не используются.

Юго-восточное Прибалхашье. В пределах полигона почвенный покров изучен на 2-х массивах:

а) песчаный массив междуречий Аксу – Лепси;

б) холмисто-волнистое повышение южного побережья озера Балхаш.

Почвы полигона представлены двумя типами: серо-бурыми и песчаными пустынными. Серо-бурые почвы сформировались на слабоволнисто-холмистом приозерном повышении под разнотравно-белоземельно-полынной ассоциацией с житняком. Они имеют следующее строение профиля.

- | | |
|----------|---|
| A 0-8 | Сероватый, сухой, слабо уплотнен, комковато-пылеватый, супесчаный, сильно пронизан корнями эбелека и полыни, переход ясный по корешковатости и окраске; |
| B 8-22 | Серовато-светло-бурый, свежий, уплотнен, комковатый, слабо защебнен, супесчаный, пронизан мелкими корнями, переход постепенный по окраске; |
| BC 32-53 | Светложелтовато-светлобурый, свежий, слабо уплотнен, пронизан мелкими корнями, супесчаный, переход по окраске постепенный; |
| C 53-98 | Желтовато-светлобурый, свежий с глубиной слегка влажный, уплотнен, супесчаный, карбонатные новообразования в виде светложелтоватых пятен и прожилок, слабощебнистый нижняя поверхность покрыта карбонатной пленкой. |

Профили этих почв отличаются от Бетпакдалинских более легким гранулометрическим составом, менее ясной дифференциацией на генетические горизонты, более глубоким залеганием и менее слабой выраженностью карбонатного горизонта.

Песчаные пустынные почвы полигона формировались на бугристо-ячеистом рельефе с перепадом высот 5...10 м под полынно-изеневотерскеновой растительностью. Поверхность почвы представлена слабосы-

раженной легко разрушающейся трещиноватостью. Проективное покрытие 20...30 %.

- А 0-11 Сероватый, сухой, слабоуплотнен, сыпучий, песчаный, сильно пронизан мочковатыми корнями изеня, переход ясный по корешковатости;
- В 11-31 Светлобуроватый, свежий, слабоуплотнен, сильно мелкокорешковатый, песчаный, бесструктурный, переход постепенный по влажности, корешковатости и окраске;
- ВС 31-82 Желтовато-светлобурый, свежий, слабоуплотнен, песчаный, менее пронизан корнями чем горизонт В, переход постепенный по влажности и окраске;
- С 82-110 Бурый с желтоватым оттенком, влажный, слабоуплотнен, песчаный, единичные корни.

Песчаные пустынные почвы полигона отличаются от аналогичных почв Кызылкумов по рельефу (отсутствием грядовой формы), по составу растительного покрова (отсутствием осоки, саксаула и жузгуна) и строением профиля (отсутствием подгоризонта А₁ и наличием горизонта ВС).

Из описаний морфо-генетических признаков профилей типов почв полигонов следует, что им свойственны определенные диапазоны параметров информативно-диагностических признаков, интегрально проявляемых главным образом через окраску. Однако, визуальная оценка окраски почвы из-за сложности почвенных окрасок и их зависимости от многих факторов позволяет сделать приблизительные выводы только о качественном состоянии процессов, происходящих в почве, т.е. она субъективна и неточна.

Усовершенствование методики визуальной оценки окраски почв привели к использованию атласа цветовых шкал Манселла, разработанного в 1951 г. в США. Тем не менее, недостатки визуальной оценки цвета почвы привели исследователей к замене субъективного определения почвенной окраски объективными измерениями оптических свойств. Рассмотрев связь между цветом и оптической характеристикой почв, считая, что спектральная отражательная способность не является цветом почвы, а представляет ее физическую характеристику, которая обуславливает ее окраску [19]. Отсюда вывод – единственный путь перехода от субъективного определения к объективной оценке окраски почвы – анализ отражательной способности почвы. Таким прибором является спектрометр, позволяющий выразить цвет в числовой форме в виде графиков, показы-

вающих зависимость светоотражения от длины волн. Записи показаний прибора выражены на координатной сетке в виде кривых, где по оси абсцисс даны размеры длины волн видимого диапазона (400...750 нм), а по оси ординат – спектральная яркость почв, выраженная в виде КСЯ объекта, как по длинам волн, характеризующая структуру отраженного света поверхностью, так и по условиям наблюдения и освещения [20]. Использование спектрометров открыло возможность точного количественного анализа почв и исследования коррелятивных связей между спектральной отражательной способностью и вещественным составом почвы.

Выяснено [21], что для всех почв отражение возрастает с увеличением длины волн излучения, при этом расхождение показателей возрастает от коротких волн к длинным, т.е. от области синего спектра (400...500 нм) к области красного (600...700 нм) спектра. Установлено, что оптические свойства почв обусловлены адсорбционной способностью слагающих их частиц [22]. Светлоокрашенные соединения отражают по всей видимой области и обуславливают высокую отражательную способность. Гумусовые вещества снижают степень отражения. Окисные формы соединений железа максимально отражают энергию длинных волн, чем гидратированные. Поэтому человеческим глазом первые оцениваются как красноватые, а вторые как желтоватые тона. Закисные формы железа имеют максимальное отражение в сине-зеленой части спектра (300...400 и 400...500 нм). Влияние других веществ, за редким исключением невелико.

Таким образом, результаты спектрометрических исследований почв позволяют перейти от констатации явления отражения к исследованию закономерностей взаимодействия световой энергии с почвой. Последняя является узловым вопросом при интерпретации материалов космической съемки, поскольку их расшифровка основана на знании отражаемой почвами световой энергии, и ее качественного состава. В настоящее время известны количественные закономерности спектральной отражательной способности главных почвенных типов [23] и растительности [24] Казахстана.

На спектральный состав, отраженного почвой света влияет не только вещественный состав почвы, но и ее состояние. Почвы, сложенные из частиц 0,25...1,0 мм имеют близкие и низкие значения, а у частиц < 0,25 мм более высокие значения. Увлажнение снижает отражательную способность (15...25 %) без заметных изменений форм спектральных кривых. Влажная почва имеет в 1,5...2 раза меньше коэффициент яркости, чем сухая. Увлажнение почвы изменяет более тусклые оттенки в более яркие или темные то-

на. Поэтому для улучшения сравнимости светоотражения почв определение светоотражения следует проводить в воздушно-сухом состоянии.

Поскольку основной задачей наших исследований является установление тесноты связи между интегральной отражательной способностью почвы, полученную контактным (наземным) путем и ее спектрально-яркостным образом, запечатленным на космоснимках, ниже приводятся графики состояния КСЯ поверхности почв и их генетических горизонтов для разных полигонов.

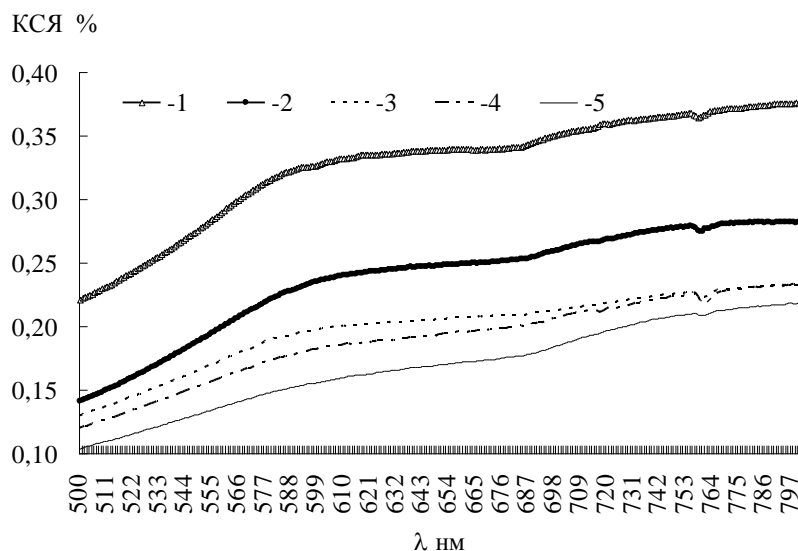


Рис. 1. Спектральные образы дневной поверхности почв Южных и Северных Кызылкумов. 1 – такыровидная легкосуглинистая (Т4); 2 – пустынно-песчаная (Т1); 3 – аллювиально-луговая опустынивающаяся (Т3); 4 – пустынно-песчаная (Т3); 5 – пустынно-песчаная (Т2).

Данные рис. 1 показывают, что характер отражения разных длин волн света дневной поверхностью песчаных пустынных почв Южных и Северных Кызылкумов идентичны: низкое (< 0,10...0,14 %) в диапазоне коротких волн (400...500 нм) области синего спектра, возрастающее (до 0,150...0,240 %) в диапазоне средних волн (500...600 нм) области зеленого спектра с незначительным ростом (до 0,170...0,250 %) – диапазоне длинных (600...700 нм) – области красного и с дальнейшим, очень плавным ростом (до 0,220...0,270 %) в области ближнего инфракрасного (0,75...0,80 нм) диапазона. Исключение составляют такыровидные почвы, обладающие таким же характером изменения кривой спектральной яркости, но с высокими показателями КСЯ (до 0,370 %).

Показатели КСЯ генетических горизонтов пустынно-песчаных почв оказались более низкими, чем их дневная поверхность (рис. 2). При этом КСЯ верхнего гумусового подгоризонта A_{1_1} , имеющего светло-буровато-серую окраску, находящуюся в сухом состоянии оказался наиболее низким (0,03...0,07 %), т.е. тусклым и более равномерно отражающим свет разных длин волн. Примыкающий к нему снизу, задерненный гумусовый подгоризонт A_{1_2} , такой же окраски, но «свежий» по увлажненности, имеет более высокую отражательную способность (0,06...0,13 %). Горизонты В (11...29 см) и С (30...70 см) светло-желтовато-буроватой окраски показали разные уровни отражательной способности: более высокую (0,09...0,18 %) горизонт В и низкую (0,05...0,10 %) горизонт С.

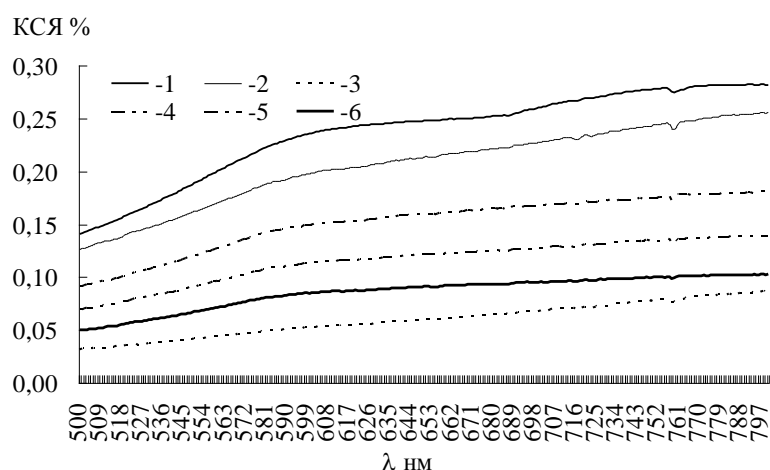


Рис. 2. КСЯ генетических горизонтов пустынно-песчаных почв полигона Южные Кызылкумы (разрез 9). 1 – почва, 2 – 0-ой горизонт, 3 – В, 4 – A_{1_1} , 5 – С, 6 – A_{1_2} .

Спектральная отражательная способность аллювиально-луговой почвы, встречающейся по окраинам песчаного массива, так же оказалась низкой. Характер изменений кривых спектральной яркости, как поверхности почвы, так и генетических горизонтов имеют аналогические черты, но более низкими и близкими показателями по всей длине волн.

Спектральные образы почв Бетпақдалинского полигона в силу особенностей структуры почвенного покрова, выраженного широким распространением солончаков, такыров, такыровидных почв, а так же засоленности и защебненности основного почвенного фона – серо-бурых почв формируют изреженный растительный покров. В результате спектральная отражательная способность поверхности почв полигона в целом была вы-

сокой по всей длине волн, особенно поверхности солончака и такыра. В диапазоне зеленого спектра она составила 0,70 и 0,55 % соответственно и 0,30 % поверхности серо-бурой почвы без растительности (рис. 3).

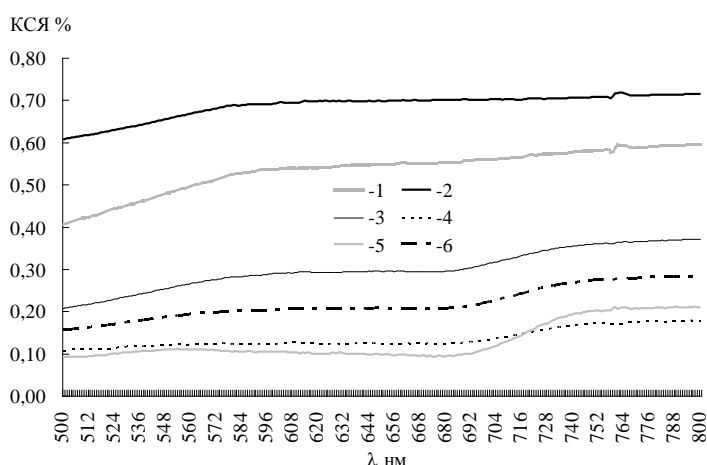


Рис. 3. Спектральные характеристики поверхности почв Бетпакдалинского полигона (разрез 19, точка 5). 1 – такыр, 2 – солончак, 3 – серо-бурая без растительности, 4 – солянки, 5 – разнотравье, 6 – среднее.

При всем этом следует учесть, что существенным моментом спектрального образа поверхности пастбищ является то обстоятельство, что семейство растительных кривых спектральной яркости (солянки и разнотравье) резко отличается от почвенных. Они значительно ниже почвенных и редко выходят за пределы 0,10 % КСЯ с наибольшим распределением яркости по спектру в области красного диапазона. Отсюда следует, что сравнивая величины КСЯ почв с определенным растительным покровом, но имеющим различные проективные покрытия можно установить состояние пастбищ.

КСЯ серо-бурых почв подвержен значительным колебаниям в зависимости от засоленности, гранулометрического состава и щебненности верхнего горизонта. Он является диагностическим показателем почв, отражающим особенности всех нижележащих горизонтов и является следствием парагенеза почв (рис. 4). Наиболее высокими показателями КСЯ обладают серо-бурые солончаковые, затем незасоленные среднесуглинистые. Облегчение гранулометрического состава верхнего горизонта серо-бурых почв до легкосуглинистого и супесчаного, сопровождающегося ростом щебненности, также снижает КСЯ. Наиболее низкой отражательной способностью обладают серо-бурые почвы, формировавшиеся на красновато-бурых супесчаных отложениях (точка 2, разрез 23) и почвы, поверхность которых на 90 % покрыта щебнем (точка 10, разрезы 15 и 16). Отмеченные еще раз под-

тверждают, что бесструктурные почвы отражают больше световой энергии, чем почвы с хорошо выраженной структурой [16-18].

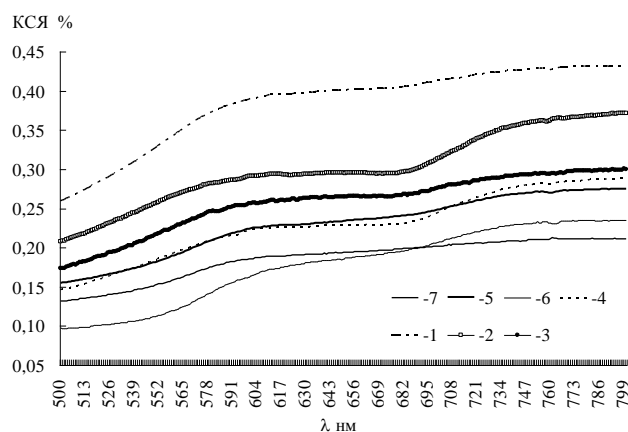


Рис. 4. Спектральные характеристики поверхности почв Бетпакдалинского полигона. 1 – серо-бурая солончаковая, 2 – серо-бурая среднесуглинистая, 3 – суглинистая, 4 – серо-бурая среднесуглинистая, 5 – серо-бурая неполноразвитая слабозащепленная, 6 – серо-бурая супесчаная, 7 – серо-бурая легко суглинистая.

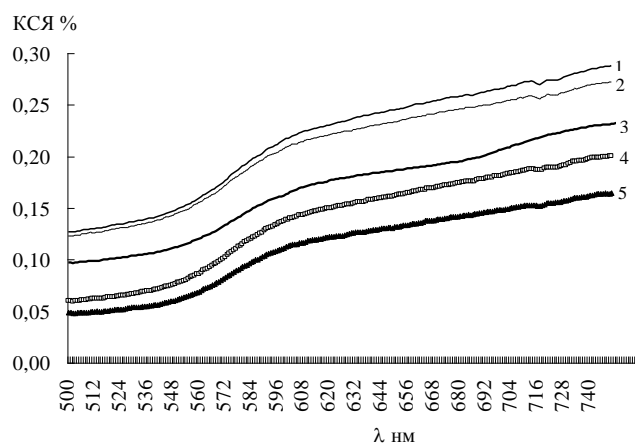


Рис. 5. Спектральные характеристики генетических горизонтов серо-бурой супесчаной почвы Бетпакдалинского полигона (разрез 23, точка 2). 1 – А, 2 – В₁, 3 – поверхность почвы без растительности, 4 – С_{са}, 5 – В₂.

Величина спектральной отражательной способности генетических горизонтов серо-бурой почвы, формировавшейся на красновато-коричневых элювиях плотных пород находится в пределах свойственных для дневной поверхности почв, причем верхние А и В₁ горизонты обладают значительно большей отражательной способностью, чем горизонт В₂. Формы кривых отражательной способности, где наблюдается резкий пе-

репад в диапазоне коротких волн (500...600 нм) показывают повышение интенсивности их отражения с последующим медленным ростом в зонах средних и длинных волн.

Таким образом, спектральный образ почв Бетпақдалинского полигона характеризуется большей величиной и значительной амплитудой коэффициента яркости по сравнению с почвами полигонов Северных и Южных Кызылкумов, причем, каждому почвенному типу свойственны свои пределы КСЯ, что позволяет использовать их для идентификации почвенного покрова при дешифровании космоснимков.

Юго-восточное Прибалхашье. Спектральная яркость дневной поверхности и генетических горизонтов профилей пустынно-песчаных и серобурых супесчаных почв, являющихся основным почвенным фоном юго-восточного Прибалхашья, заметно отличается как между собой, так и от аналогичных почв, вышеописанных полигонов. Крайне низкие значения КСЯ (0,01...0,02 %) диагностического горизонта пустынно-песчаных почв в ультрафиолетовом спектре (< 400 нм), связаны с сильным поглощением атмосферы, неуклонно возрастают (до 0,20 %) в области синего спектра с последующим медленным ростом в области зеленого спектра (до 0,25 %) (рис. 6). В районе красного, особенно инфракрасного диапазона КСЯ всех генетических горизонтов скачкообразно падает, хотя здесь следует отметить, что именно на этих длинах волн (750...1100 нм) отражательная способность зеленых листьев достигает максимума (40...60 %). Перепад значений КСЯ в пределах гумусового горизонта данного почвенного типа, особенно в областях синего и зеленого спектра, могут достигать значительных величин, что объясняется степенью корешковатости горизонта *A*.

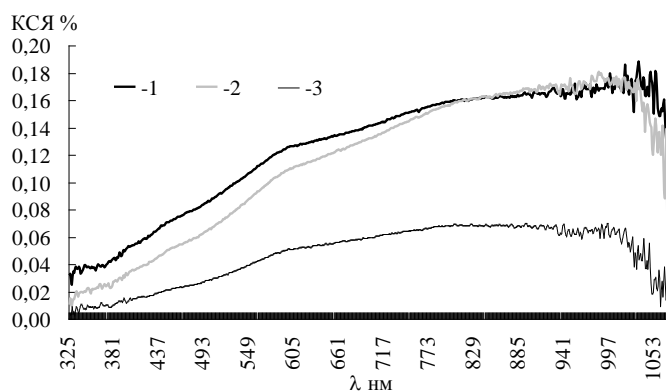


Рис. 6. Спектральные характеристики генетических горизонтов песчано-пустынной почвы Южного Прибалхашья (разрез 1, точка 001). 1 – *A*, 2 – *B*, 3 – *AB*.

Диагностические горизонты (А и В) серо-бурых супесчаных почв Южного Прибалхашья характеризуются меньшими значениями КСЯ, чем аналогичные почвы Бетпақдалинского полигона. В области ультрафиолетового они составляют – 0,02...0,05 %, синего – 0,05...0,08 %, зеленого – 0,08...0,14 %, ближнего красного – 0,20...0,22 % с дальнейшим скачкообразным ростом до 0,25 % в инфракрасном участке спектра (рис. 7).

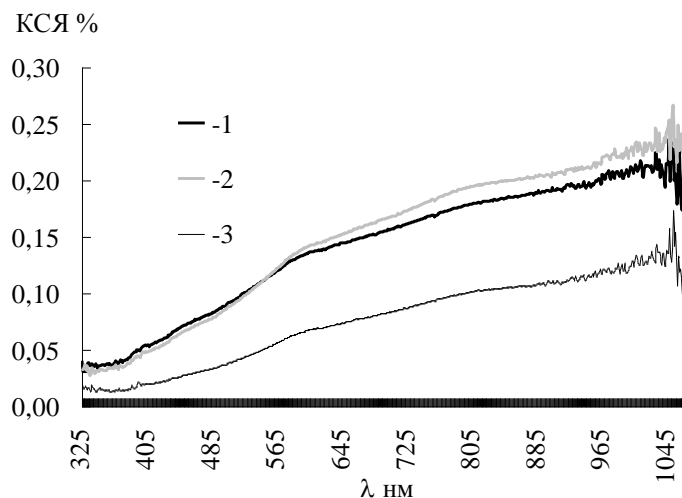


Рис. 7. Спектральные характеристики генетических горизонтов серо-бурой супесчаной почвы Южного Прибалхашья (разрез 4, точка 1). 1 – А, 2 – В, 3 – АВ.

Проведенные исследования по изучению морфо-генетических признаков и спектрометрических характеристик почв полигонов пустынных пастбищ центральной подзоны суббореального пояса пустынной зоны Казахстана позволяют сделать следующие выводы:

- закрепление песчаных массивов и формирование устойчивого почвенного покрова и форм рельефа Кызылкумов и Юго-восточного Прибалхашья обязано главным образом осоке и полыни, а так же полынно-изеново-терескеновой ассоциации;

- песчаные пустынные почвы Южных Кызылкумов отличаются от Северных более светлой окраской и меньшей увлажненностью верхней части профиля при, почти одинаковой, глубине промачивания (~1 м);

- почвенный покров Бетпақдалинского полигона отличается значительной пестротой и контрастностью. Его основной тип – серо-бурые почвы, подверженные значительной вариации: от нормальных до малоразвитых, от легкосуглинистых защебненных до глинистых, от незасоленных до сильносолончаковых и солонцеватых;

- спектральная яркость почв, выраженная в КСЯ представляет собой серию кривых с максимальными значениями ординат в областях зеленого (500...600 нм) и красного (600...700 нм) спектров и минимальным – в областях ультрафиолетового и синего спектров (< 400 нм);

- существует устойчивая связь между величинами КСЯ дневной поверхности почв с их составом и свойствами. В среднем КСЯ составляет 0,38 % у серо-бурых почв, 0,60 % – такыров и 0,70 % – солончаков, где у серо-бурых почв его величина варьирует в широком диапазоне: от 0,40...0,43 % – солончаковых до 0,20...0,25 % – супесчаных защебненных;

- спектральная яркость растительности значительно ниже почвы и не выходит за пределы 0,10 % КСЯ в области синего и зеленого и 0,20 % красного диапазонов;

- спектральные образы пустынно-песчаных почв Кызылкумов и Южного Прибалхашья идентичны и характеризуются низким КСЯ во всех длинах волн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроников В.Л. Использование многозональных космических снимков для изучения почвенного покрова // Почвоведение. – 1979. – №2. – С. 14-26.
2. Ачасов А.Б., Бидолах Д.И. Использование материалов космической и наземной цифровой фотосъемки для определения содержания гумуса в почвах // Почвоведение. – 2008. – №3. – С. 280-286.
3. Боровский В.М. Экология аридных пастбищ мира. / В кн: Генезис и мелиорация почв Казахстана. – Алма-Ата: Наука, – 1989. – С. 208-221.
4. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
5. Горохова И.Н., Новикова А.Ф. Опыт почвенно-экологического мониторинга с использованием геоинформационных технологий на ключевом участке в Нижнем Поволжье // Почвоведение. – 2002. – №6. – С. 734-740.
6. Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
7. Закарин Э.А., Спивак Л.Ф., Архипкин О.П., Муратова Н.Р., Терехов А.Г. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана. – Алматы: Гылым, 1999. – 174 с.
8. Карманов И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатель их свойств. – М.: Колос, 1974. – 351 с.

9. Ключко Т.А. Исследование современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок. / Ученые записки Таврического национального университета. Серия «География». – Т. 23(62). – 2010. – №2. – С. 156-566.
10. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв. – М.: Аспект Пресс, – 2005. – 190 с.
11. Левицкая З.П. Водно-физические свойства и запасы продуктивной влаги пустынно-пастбищной зоны Казахстана / Справочник. – Алма-Ата: Отдел ОБГМ КазУГКС, Алма-Атинская Гидрометеорологическая Обсерватория. – 1973. – С. 46-51.
12. Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 562 с.
13. Лобова Е.В., Хабаров А.В. Почвенные ресурсы аридных и полуаридных зон мира. / В кн: Аридные почвы, их генезис, геохимия, использование. – М.: 1977. – 7 с.
14. Матузов Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. – М.: Гаудеамус, 2007. – 237 с.
15. Михайлова Н.А., Орлов Д.С. Оптические свойства почв и почвенных компонентов. – М.: Наука, 1986. – 117 с.
16. Обухов А.И., Орлов Д.С. Спектральная отражательная способность главных типов почв и возможность использования диффузного отражения при почвенных исследованиях // Почвоведение. – 1964. – №2. – С. 83-94.
17. Орлов Д.С. Количественные закономерности отражения света почвами. / Науч. докл. высшая школа, Биолог. Науки. – 1967. – №9. – С. 116-119.
18. Орлов Д.С., Бильдебаева Р.М., Садовников Ю.Н. Количественные закономерности отражения света почвами. VII, Спектральная отражательная способность главных почв Казахстана. – Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. – 1976. – №2. – С. 109-112.
19. Романов А.Н. Дистанционная оценка степени деградации почв по их радио излучательным свойствам // Почвоведение. – 2009. – №3. – С. 355-363.
20. Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И., Коралева П.В. Многолетняя динамика засоления орошаемых почв голодно-степного плато и методы ее выявления по материалам дистанционного зондирования // Почвоведение. – 2010. – №6. – С. 728-739.
21. Савин И.Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС технологий // Почвоведение. – 2003. – №10. – С. 1189-1196.

22. Успанов У.У. Географо-генетические исследования почв и качественный учет земель Казахстана. / В кн: Успехи почвоведения в Казахстане. – М.: 1975. – С. 16-23.
23. Фаизов К.Ш. Почвы пустынной зоны Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1980. – 133 с.
24. Шашко Д.И. Климатические ресурсы сельского хозяйства СССР. /В кн. Почвенно-географическое районирование СССР. – М.: 1962. – 275 с.

Поступила 29.05.2014

А.-ш. ғылымд. канд.	К.К. Кубенкулов
А.-ш. ғылымд. канд.	Н.Э. Бекмухамедов
	А.Х. Наушабаев
	С.Б. Чоканов

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ШӨЛДІ ЖАЙЫЛЫМ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ МОРФО-ГЕНЕТИКАЛЫҚ БЕЛГІЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Мақалада жайылым территорияларының ғарыштық және жербеттік мониторинг технологиясын құрастыру үшін Қазақстанның шөлді аймағының зоналды және интразоналды топырақтарының морфо-генетикалық белгілері мен оптикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген.