

## ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН РЕСПУБЛИКИ ТЫВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*А.Д. Самбуу, М.К. Нажик, О.Р. Куулар*

ГБНУ Республики Тыва «Центр биосферных исследований», г. Кызыл  
Тувинский государственный университет, г. Кызыл  
sambuu@mail.ru

**Аннотация.** Оценка типологического разнообразия почвенного покрова межгорных котловин Республики Тыва проведена на основе крупномасштабных карт, созданных по материалам дешифрирования космических снимков и цифровых моделей рельефа. Созданные при помощи дистанционных данных границы и информационное содержание почвенных контуров могут использоваться в качестве контролируемых показателей при создании схем экологического мониторинга.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, дистанционное зондирование, экологический мониторинг, типологическое разнообразие, межгорные котловины, Республика Тыва.

В настоящее время с внедрением ГИС-технологий в практику проведения экологических исследований значительно возросла возможность получать пространственно распределенные данные, обеспечивающие необходимую оперативность и широкий охват территорий. Изучение природных объектов с использованием временных рядов спутниковых изображений представляет особую ценность для мониторинговых исследований почвенного покрова, поскольку, дополненные материалами наземных наблюдений, они позволяют выявлять особенности проявления факторов почвообразования или историю землепользования. В литературе появились некоторые сведения о результатах исследования пространственно-временной динамики растительного покрова, водных ресурсов и других объектов природной среды Тувы. Однако почвенный покров, несмотря на высокую степень его экологической и хозяйственной значимости, в контексте данной проблемы практически не исследовался. Цель нашей работы – разработка методических положений дистанционного мониторинга почвенного покрова степных котловин Тувы, которые отличаются спецификой почвообразования, связанной с комплексом природных условий, и в то же время имеют много общего в системе их хозяйственного использования. Мониторинг почвенного покрова, как и других природных объектов, предполагает соблюдение ряда принципиальных требований, таких как достоверность пространственных данных и контролируемость показателей. В качестве

общих показателей рассматривались площади и информационное содержание почвенных контуров, в качестве частных – специфические эффекты природно-антропогенного воздействия на почвенный покров котловин Тувы.

Алтае-Саянская горная страна является частью мирового водораздела между гумидной boreальной и аридной областями Центральной Азии. Изучение структуры и динамики почвенного покрова базируется на выявлении биоразнообразия и закономерностей, определяющих целостность, устойчивость, продуктивность и проявление средообразующих функций как отдельных биогеоценозов, так и образуемых ими территориальных комплексов. На ее обширных пространствах расположены крупные промышленные комплексы, а также имеются еще не освоенные территории, занятые естественными экосистемами, в которых представлена значительная часть видового разнообразия Евразии. Функционирование уникальных ландшафтов, сформированных в условиях своеобразного сочетания природных факторов, значительно осложняется воздействием хозяйственной деятельности, которая часто становится причиной возникновения экосистем с частичным разрушением компонентов. Вследствие антропогенного воздействия общая трансформация природных комплексов Алтае-Саянской горной страны составляет около 29 % [1–3].

**Материал и методы.** Основой территориальной организации материала для выявления элементов антропогенной инфраструктуры

и степени фрагментированности территории и как основы для географической коррекции космических снимков были географические карты. Тематические почвенные и геоботанические карты использовались как вспомогательные при дешифрировании [4–6]. Среднемасштабные почвенные карты ключевых участков составлены по материалам дешифрирования космических снимков Landsat, классифицирование спектрального изображения с последующей векторизацией в ArcGis. На космических снимках котловины распознаются как индивидуальное целое по закономерной композиции структурных элементов и выделены в качестве обособленных геоморфологических единиц. В границах отдельно взятых котловин количественная оценка типологического разнообразия проводилась с учетом объективно отражающихся на космических снимках специфических для локальных условий природных и антропогенных факторов дифференциации почвенного покрова. К естественным факторам, формирующим почвенное разнообразие и четко распознающимся при дешифрировании, относятся подгорные шлейфы, конусы выноса временных русловых потоков, речные долины, моренные всхолмления, криогенные мезо- и микроформы. Основными видами хозяйственной деятельности являются распашка и орошаемое земледелие.

**Результаты и их обсуждение.** Тува относится к старым сельскохозяйственным районам, поскольку еще с глубокой древности (с III века до н. э.) ее территорию населяли скотоводческие племена, концентрирующиеся преимущественно в межгорных степных котловинах, наиболее благоприятных для развития скотоводства и земледелия [7]. На протяжении тысячелетий хозяйственное воздействие на почвенный покров постепенно возрастало по двум основным направлениям: уничтожение коренной экосистемы под воздействием выпаса и распашки [8]. Интенсивность использования почвенного покрова в настоящее время в несколько раз выше, чем в начальный период освоения территории.

**Тувинская котловина.** Для выявления типологического разнообразия почвенного покрова котловины специальных исследований не проводилось. В системе других котловин изучались особенности генезиса, географии и систематики наиболее распространенных почвенных типов [9; 10]. На схеме распределения основных типов

разнообразия автоморфного сухостепного почвообразования в котловине занимает 54 % от общей площади. Полугидроморфные незасоленные и засоленные почвы также выделены единым контуром, занимающим 5 % площади. С учетом гидроморфных контуров за период эксплуатации Саяно-Шушенского водохранилища общая площадь переувлажненных земель увеличилась на 12 %.

Плоский, иногда слабовсхолмленный моренный или криогенный рельеф и широкое распространение сухих и опустыненных степей являются отличительной чертой котловины и хорошо распознаются на космических снимках. Ареал распространения зональных светло-каштановых почв практически полностью совпадает с границами опустыненно-степной растительности. В пределах ареала отчетливо дешифрируются выделы светло-каштановых маломощных супесчаных или суглинистых почв и светло-каштановых сильно щебнистых почв. Специфическими для Тувинской котловины являются бурые пустынно-степные солончаковые почвы, которые формируются под чиевыми степями. Они образуют контуры меньшего размера и занимают 11 % от общей площади.

Под воздействием временного избыточного увлажнения и концентрации солей создается значительная часть типологического разнообразия почвенного покрова. В долине Енисея и по окраинам небольших озер на сравнительно небольшой площади можно проследить всю гамму переходов от засоленных каштановых почв до солончаков. По данным космического снимка выделено 9 разновидностей гидро- и полугидроморфного почвообразования. Главным антропогенным фактором изменения типологического разнообразия почв является затопление водами Саяно-Шушенского водохранилища и искусственное орошение, которое широко применяется с древних времен и до наших дней.

**Убсу-Нурская котловина.** В пределах Республики Тыва рельеф части котловины представлен пологоволнистой равниной с останцовыми грядами возвышенностей [11]. Подгорные шлейфовые равнины южных склонов Танну-Ола, древние террасы и современная долина р. Тес-Хем сливаются с Убсу-Нурской приозерной низменностью. Эоловые всхолмленные равнины песков Цугер-Элисс занимают юго-восточную часть котловины. Почвенный покров Тувы отражен на

2. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
И РАБОТЫ С ДАННЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (ДДЗ)

карте не только мелкого, но среднего масштаба [6; 12]. Почвенная карта степных котловин Тувинской АО [6] и карта, составленная с использованием космического снимка Landsat 8, довольно близки по количеству почвенных выделов и их контурным границам. На основании дистанционных данных есть возможность представить почвенное разнообразие котловины в более полном объеме. Например, помимо обобщенных контуров преобладающих в почвенном покрове подтипов каштановых и светло-каштановых почв можно выделить контуры темно-каштановых почв (табл. 1). На космоснимках Landsat 8 отчетливо распознаются не только бурые лугово-степ-

ные почвы, которые, как и в Чуйской котловине, формируются под чиево-солянковой растительностью, но и бурые пустынно-степные, наиболее ксероморфные в зональном ряду равнинных почв. Эоловый рельеф является специфическим для Убсу-Нурской котловины фактором дифференциации типологического разнообразия почвенного покрова. На космоснимках выделяется грядовой, извилисто-узкополосчатой, струйчатой или ячеистой морфологией. Более 20 % общей площади на почвенной карте 1955 г. [6] занимают пески задернованные и каштановые. На космоснимке хорошо видны площади с характерными признаками активного перевеивания песка.

**Таблица 1.** Сопоставление содержания почвенной карты Убсу-Нурской котловины, составленной с использованием космического снимка, и почвенной карты степных котловин Тувинской АО (1955) [6]

Почвы	Площадь индивидуального почвенного контура, км <sup>2</sup>		
	общая	min	max
Темно-каштановые: маломощные	159,9	19,4	74,6
слаборазвитые	1479,8	14,9	69,7
<b>Каштановые: среднемощные</b>	<b>324</b>	<b>1,7</b>	<b>80,4</b>
»	654,8	13,2	197,6
<b>мало- и среднемощные</b>	<b>67,4</b>	<b>21,1</b>	<b>46,3</b>
<b>маломощные</b>	<b>1690,9</b>	<b>1,3</b>	<b>742,1</b>
»	414,5	12,3	76,5
<b>» и горные каштановые</b>	<b>192,1</b>	<b>1,7</b>	<b>149,6</b>
<b>примитивные и маломощные</b>	<b>99</b>	<b>6,1</b>	<b>52,6</b>
слаборазвитые	172,9	4,5	91,6
<b>Светло-каштановые: маломощные</b>	<b>408,2</b>	<b>2,2</b>	<b>92,2</b>
»	356,2	5	89,2
<b>слаборазвитые</b>	<b>88,9</b>	<b>0,5</b>	<b>65,9</b>
слаборазвитые	409	2	76,2
<b>и аллювиальные</b>	<b>89,7</b>	<b>27,1</b>	<b>62,5</b>
<b>и маломощные</b>	<b>75,2</b>	–	–
<b>и лугово-каштановые</b>	<b>196,6</b>	–	–
<b>Лугово-каштановые: солонцово-солончаковые</b>	<b>23,47</b>	<b>0,8</b>	<b>4,4</b>
среднемощные с пролювием	29,7	7,4	55,3
светлые маломощные	197	3	26,7
» солончаковатые	200,5	1,8	27,1
темные солонцеватые	55,9	4,1	24,2
Бурые: пустынно-степные	168,7	–	–
лугово-пустынно-степные	206,4	–	–
Луговые	7,1	–	–
» солончаковатые	162,4	0,7	118,7
Солончаки корковые	31,4	0,4	7,8
<b>Аллювиальные и аллювиальные дерновые</b>	<b>323,4</b>	<b>17,4</b>	<b>271,2</b>
Аллювиальные	238,6	5,2	153,5
» дерновые	23,1	0,6	10,1
» заболоченные	50,5	23,4	27,1
» слоистые	16,7	3,1	13,6
» торфяно-перегнойные солончаковатые	13,2	6	7,2

Продолжение табл. 1

Почвы	Площадь индивидуального почвенного контура, км <sup>2</sup>		
	общая	min	max
<b>Горные черноземы слаборазвитые</b>	<b>5,2</b>	<b>0,7</b>	<b>4,6</b>
Горно-каштановые слаборазвитые	201,5	2,4	55,3
<b>Горные темно-каштановые маломощные</b>	<b>1,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,7</b>
» каштановые маломощные	<b>36,1</b>	<b>0,3</b>	<b>8</b>
» » примитивные	<b>205,9</b>	<b>0,6</b>	<b>128,3</b>
Горно-каштановые »	182,7	0,2	48,7
<b>Каштановые пески</b>	<b>644</b>	<b>0,5</b>	<b>417,3</b>
То же	603,3	29,6	420,5
<b>Пески задернованные</b>	<b>210,7</b>	<b>33,9</b>	<b>134,9</b>

Примечание: жирным шрифтом выделены почвенные контуры и их площади по почвенной карте [6], «-» – нет данных.

Таким образом, совмещение материалов дистанционного и наземного обследования свойств почв и других компонентов ландшафтов в различные периоды времени обеспечивает большую достоверность диагностики пространственных и временных изменений засоленности и увлажненности почв. Интерпретация материалов многолетних исследований, а также опубликованных данных позволила установить,

что полученная на основании космоснимков оценка площадного и информационного содержания представленных вариантов воздействия естественных и антропогенных факторов на почвенный покров степных котловин Тувы дает представление о высокой степени достоверности дистанционных данных, необходимых для создания системы почвенно-экологического мониторинга.

Работа выполнялась в рамках ВИП ГЗ (рег. № 1022090600007-9).

#### Список литературы

1. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979. 280 с.
2. Панкова Е.И., Соловьев Д.А. Дистанционный мониторинг засоленных орошаемых почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1993. 192 с.
3. Сохранение биологического разнообразия в России. Первый национальный доклад. М., 1997. С. 7–15.
4. Шретер А.И. Карта растительности Тувинской области // Природные условия Тувинской автономной области. Труды Тувинской комплексной экспедиции. М., 1957. Вып. 3. С. 190–191.
5. Атлас: Экономический потенциал Республики Тыва (2003–2004 гг.) / науч. ред. В.И. Лебедев, Ю.Г. Полулях. Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2005. 60 с.
6. Почвенная карта степных котловин Тувинской автономной области. М., 1955.
7. История Сибири / А.П. Окладников (отв. ред.) [и др.]. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1968. Т. 1. 454 с.
8. Ершова Э.А. Антропогенная трансформация растительности юга Средней Сибири. Новосибирск, 1995. 52 с.
9. Курбатская С.С. Почвенный покров и биогеохимия межгорных котловин Тувы: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27. М., 1990. 25 с.
10. Гуркова Е.А. Почвенно-географическая специфика Центрально-Тувинской котловины: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27. Новосибирск, 2009. 18 с.
11. Кудряшова С.Я., Дитц Л.Ю. Дистанционное исследование природно-антропогенной трансформации почвенного покрова межгорных котловин юга Сибири // Сибирский экологический журнал. 2009. Вып. 2. С. 223–230.
12. Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 341 с.
13. Самбуу А.Д., Красноборов И.М., Севастьянов В.В., Севастьянова М.Г., Сухова М.Г., Андрейчик М.Ф., Кудрявцев В.И., Кудрявцева А.И., Заика В.В., Забелин В.И., Арчимаева Т.П., Курбатская С.С., Гуркова Е.А., Прудникова Т.Н., Аракчаа Л.К., Куксин А.Н., Куксина Д.К. Природные ресурсы Республики Тыва. Новосибирск: Гарамонд, 2018. 488 с.

---

RESEARCH OF INTERMOUNTAIN BASINS  
OF THE REPUBLIC OF TYVA USING REMOTE SENSING

---

A.D. Sambuu, M.K. Nazhik, O.R. Kuular

State Budget Scientific Institution of the Republic of Tyva Center for Biosphere Research, Kyzyl  
Tuvan State University, Kyzyl  
sambuu@mail.ru

---

**Abstract.** The assessment of the typological diversity of the soil cover of the intermountain basins of the Republic of Tyva was carried out on the basis of large-scale maps created based on the materials of decoding satellite images and digital terrain models. The boundaries and information content of soil contours created using remote data can be used as controlled indicators when creating environmental monitoring schemes.

**Keywords:** geoinformation systems, remote sensing, environmental monitoring, typological diversity, intermountain basins, Republic of Tyva.

Referenses

1. Andronikov V.L. 1979. *Aerokosmicheskie metody izucheniya pochv*. [Aerospace methods for studying soils]. Moscow, "Kolos": 280 p.
2. Pankova E.I., Solov'ev D.A. 1993. *Dstantsionnyy monitoring zasolennykh oroshaemykh pochv*. [Remote monitoring of saline irrigated soils]. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Institute: 192 p.
3. *Sokhranenie biologicheskogo raznoobraziya v Rossii. Pervyy natsional'nyy doklad*. [Conservation of biological diversity in Russia. The first national report]. 1997. Moscow: 7–15.
4. Shreter A.I. 1957. [Vegetation map of the Tuvan region]. *Prirodnye usloviya Tuvinskoy avtonomnoy oblasti. Trudy Tuvinskoy kompleksnoy ekspeditsii*. [Natural conditions of the Tuvan Autonomous Region. The works of the Tuvan complex expedition]. Issue 3. Moscow: 190–191.
5. Lebedev V.I., Polulyakh Yu.G. (scientific editors). 2005. *Atlas: Ekonomicheskiy potentsial Respubliki Tyva (2003–2004 gg.)*. [Atlas: The Economic potential of the Republic of Tyva (2003–2004)]. Kyzyl, Tuvan Institute for Integrated Development of Natural Resources of the Siberian Branch of RAS: 60 p.
6. *Pochvennaya karta stepnykh kotlovin Tuvinskoy avtonomnoy oblasti*. [Soil map of the steppe basins of the Tuvan Autonomous Region]. Moscow, 1955.
7. Okladnikov A.P. (responsible editor) [et al.]. 1968. *Istoriya Sibiri*. [The History of Siberia]. Vol. 1. Leningrad, Nauka, Leningrad Branch: 454 p.
8. Ershova E.A. 1995. *Antropogennaya transformatsiya rastitel'nosti yuga Sredney Sibiri*. [Anthropogenic transformation of vegetation in the south of Central Siberia]. Novosibirsk: 52 p.
9. Kurbatskaya S.S. 1990. *Pochvennyy pokrov i biogeokhimiya mezhgornyykh kotlovin Tuvy: avtoreferat disertatsii ... kandidata biologicheskikh nauk: 03.00.27*. [Soil cover and biogeochemistry of the intermountain basins of Tuva: abstract of PhD]. Moscow: 25 p.
10. Gurkova E.A. 2009. *Pochvenno-geograficheskaya spetsifika Tsentral'no-Tuvinskoy kotloviny: avtoreferat disertatsii ... kandidata biologicheskikh nauk: 03.00.27*. [Soil and geographical specificity of the Central Tuvan basin: abstract of PhD]. Novosibirsk: 18 p.
11. Kudryashova S.Ya., Ditts L.Yu. 2009. [Remote study of the natural and anthropogenic transformation of the soil cover of the intermountain basins of Southern Siberia]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*. 2: 223–230.
12. Nosin V.A. 1963. *Pochvy Tuvy*. [Soils of Tuva]. Moscow, Publishing House of the USSR Academy of Sciences: 341 p.
13. Sambuu A.D., Krasnoborov I.M., Sevast'yanov V.V., Sevast'yanova M.G., Sukhova M.G., Andreychik M.F., Kudryavtsev V.I., Kudryavtseva A.I., Zaika V.V., Zabelin V.I., Archimaeva T.P., Kurbatskaya S.S., Gurkova E.A., Prudnikova T.N., Arakchaa L.K., Kuksin A.N., Kuksina D.K. 2018. *Prirodnye resursy Respubliki Tyva*. [Natural resources of the Republic of Tyva]. Novosibirsk, "Garamond": 488 p.