

## ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 911.52:528.854:581.55

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(52-59)

Е.Ж. ГАРМАЕВ, Ж.Б. АЛЫМБАЕВА, Б.З. ЦЫДЫПОВ, М.А. ЖАРНИКОВА, Д.О. САЯПИНА

Байкальский институт природопользования СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8, Россия, garend1@yandex.ru, ajargalma2@gmail.com, bz61@binm.ru, rita\_zharnikova@mail.ru, daria832@yandex.ru

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЛАНДШАФТОВ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ УБУР-ДЗОКОЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ)

Проведено исследование ландшафтов и растительного покрова Убур-Дзюкойской котловины Селенгинского среднегорья. Выявлено, что по физико-географическому районированию исследуемая территория представляет собой мелкоопочный сухостепной ландшафт, геосистемы котловины включают в себя степные и лесостепные сообщества, образование барханного рельефа связано с антропогенной деятельностью и динамикой ветрового режима. На основе высотных данных цифровой модели рельефа SRTM проведен анализ ряда ключевых морфометрических показателей рельефа котловины. В результате автоматизированной классификации мультиспектральных снимков Landsat TM с дальнейшим выделением типов ландшафтов созданы разновременные (1990, 2000 и 2010 гг.) ландшафтные карты котловины, подкрепленные данными полевых ландшафтных и геоботанических исследований. Использован алгоритм неконтролируемой классификации методом ISODATA, позволяющим выделять контуры с неконтрастной по спектральной яркости структурой. На полученных картах прослеживаются явные изменения растительного покрова, свидетельствующие об уменьшении площади лесов, постепенной замене их разнотравно-осоковыми степными сообществами с отдельно стоящими деревьями, а также увеличению песчаных отложений на неиспользуемых пашнях и залежах. Изучена пространственная структура растительного покрова на эоловых формах рельефа. Установлено, что их основной компонент — это псаммофитная растительность. Сделано 25 геоботанических описаний. Флористический состав ценокомплекса включает 52 вида высших сосудистых растений. Экологическая структура флороценокомплекса выявлена на основе анализа групп растений по отношению к фактору увлажнения почвы. С помощью метода ординации получена экологическая дифференциация растительности. Для выявления пространственно-структурной организации растительности использовались геоботанические профили, геоботанические описания площадок, космоснимки. Составлена крупномасштабная (1:10 000) карта растительности эоловых форм рельефа. Соотношение видов по экологическим группам показало преобладание ксерофитов (48 %).

Ключевые слова: растительность, псаммофиты, Landsat, автоматизированная классификация, пространственно-временная динамика, картографирование.

E.Zh. GARMAEV, Zh.B. ALYMBAEVA, B.Z. TSYDYPOV, M.A. ZHARNIKOVA, D.O. SAYAPINA

Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 670047, Ulan-Ude, ul. Sakhyanovoi, 8, Russia, garend1@yandex.ru, ajargalma2@gmail.com, bz61@binm.ru, rita\_zharnikova@mail.ru, daria832@yandex.ru

### SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF LANDSCAPE DYNAMICS OF THE SELENGA MIDDLE MOUNTAIN (A CASE STUDY OF THE UBUR-DZOKOI HOLLOW)

We investigated the landscapes and vegetation cover of the Ubur-Dzokoi hollow of the Selenga middle mountains. It was found that according to the physical-geographical zoning, the study area is a hummocky terrain of dry steppe landscape. The geosystems of the hollow include steppe and forest-steppe communities. Barchan relief formation is due to human activities and the dynamics of the wind regime. An analysis of key morphometric parameters of hollow relief is carried out based on the SRTM digital elevation model. As a result of the automated classification of Landsat TM multispectral images with a further identification of landscape types, multitemporal (for the years 1990, 2000 and 2010) landscape maps are created. These maps are validated by field landscape and geo-botanical investigations. The algorithm of the ISODATA unsupervised classification method was used,

*which allows the outlines with non-contrast structure of spectral brightness to be identified. The maps show clear changes in vegetation cover, indicating a decrease in the forest area, a gradual replacement of sedge-forb steppe communities with free-standing trees as well as an increase of sand deposits on unused arable and fallow lands. The spatial structure of vegetation on aeolian landforms was studied. It was concluded that their main component is psammophyte vegetation. We have made 25 geobotanical descriptions. The floristic composition of the coenocomplex includes 52 species of higher vascular plants. The ecological structure of the florocoenocomplex was identified on the basis of analyzing groups of plants in relation to the factor of soil moisture content. The method of ordination was used to determine the ecological differentiation of vegetation. To identify the spatial and structural organization of vegetation used geobotanical profiles and geobotanical descriptions of the sites, and satellite imagery. A large-scale (1:10 000) vegetation map for aeolian landforms was compiled. A correlation of the species in environmental groups showed a predominance of xerophytes (48 %).*

Keywords: *vegetation, psammophytes, Landsat, automated classification, spatio-temporal dynamics, mapping.*

## ВВЕДЕНИЕ

При оптимизации землепользования первостепенное внимание привлекают ландшафты межгорных котловин. Структура степных экосистем в межгорных котловинах Бурятии сложна и мозаична. В явлении мозаичности выражается одна из форм устойчивости степных экосистем. Интегральным показателем экологического состояния ландшафтов служит растительность — наиболее мобильный и информирующий компонент смены экологических условий [1]. Горизонтальные неоднородности травостоя определяются условиями микрорельефа, своеобразием растительности и механического состава поверхности почвы [2].

В южных районах Бурятии распространены значительные массивы развеваемых песков с активным проявлением эоловых процессов, играющие важную роль в современном рельефообразовании. На территории Селенгинского среднегорья они наблюдаются начиная с эпохи неогена [3], расположены в межгорных котловинах и обращенных к ним наветренных склонах низкогорий — хребтов Селенгинского среднегорья (Малханский, Заганский, Цаган-Дабан, Боргойский и др.) [4]. Формирование эолового рельефа обусловлено влиянием ветра и других физико-географических факторов, которые приводят к денудации земной поверхности [4, 5]. Причина ветровой эрозии заключается, главным образом, в аридности климата, а также в совпадении пика ветрового режима с наиболее засушливым периодом (апрель—май—июнь) и преобладанием почв легкого механического состава [2]. Современная пораженность дефляцией в некоторых степных районах юга Восточной Сибири превышает 40 % [5].

Рельеф и неоднородные климатические условия формируют высокое ландшафтное разнообразие Селенгинского среднегорья. Анализ данных дистанционного зондирования Земли представляет собой один из эффективных способов оценки изменений в растительности и необходим для организации системы мониторинга. С помощью разновременных аэрофото- и космоснимков высокого разрешения можно исследовать широкий спектр проявлений динамики природных условий. На ландшафтном уровне организации растительного покрова наиболее очевидные изменения связаны со сменами сообществ. По сериям разновременных снимков можно проанализировать динамику границ между типами растительности, кардинально различающимися по структурным особенностям фитоценозов, жизненным формам доминирующих растений и общей сомкнутости сообщества. Один из хорошо читаемых типов границ — это переход от лесных сообществ к травяным, а также переход от коренных степных сообществ к антропогенно модифицированным [6].

В работе на основе обработки и анализа спутниковой информации и материалов маршрутных исследований, литературных источников дана оценка пространственно-временной динамики ландшафтов Селенгинского среднегорья на частном примере. Ландшафтный мониторинг неизменно связан с созданием карт. Была поставлена цель добиться упрощения процесса их составления за счет максимальной автоматизации с использованием геоинформационных технологий. Использованы космические снимки Landsat TM, топографические карты м-ба 1:100 000, материалы маршрутных исследований, литературные источники и тематические карты различного содержания и масштаба.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Цифровая модель рельефа SRTM.** При изучении ландшафтной структуры геосистем одна из важнейших задач — это анализ ключевых морфометрических показателей рельефа. С целью проведения морфометрического анализа рельефа Убур-Дзокойской котловины были построены и проанализированы (в совокупности с данными натурных наблюдений) картосхемы высот (рис. 1, б), уклонов и экспозиции склонов, а также трехмерные изображения на основе глобальной цифровой модели рельефа SRTM v. 4 (Shuttle Radar Topography Mission) [7].

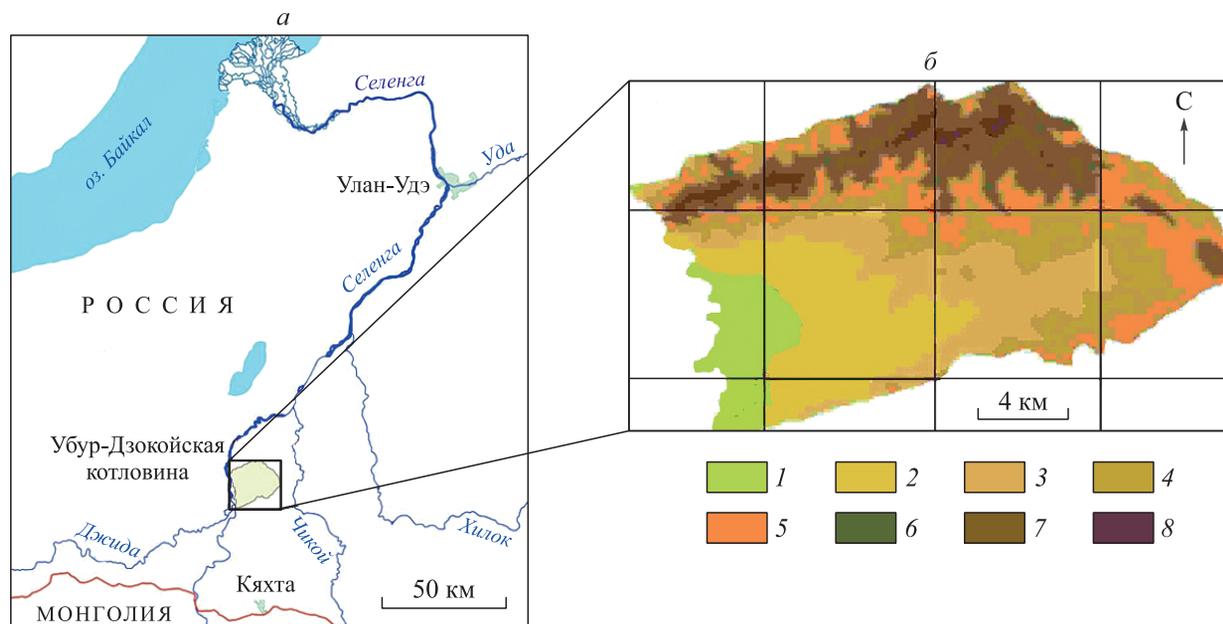


Рис. 1. Схема расположения (а) и картосхема высот (б) Убур-Дзокойской котловины.

Высоты, м: 1 — 551–611, 2 — 612–669, 3 — 670–727, 4 — 728–785, 5 — 786–842, 6 — 843–900, 7 — 901–958, 8 — 959–1016.

**Мультиспектральные данные Landsat TM.** Для выявления динамики ландшафтов Убур-Дзокойской котловины использованы разновременные мультиспектральные снимки спектрорадиометра ТМ спутника Landsat-5. Из открытого хранилища спутниковых изображений Геологической службы США при использовании сервиса GloVis (<http://glovis.usgs.gov>) загружены безоблачные снимки (Path = 132, Row = 25) от 17.09.1990, 24.06.2000 и 20.06.2010. Регулярная космическая съемка представляет собой объективный, оперативно получаемый материал о состоянии земной поверхности и ее изменениях, а современные геоинформационные технологии обработки космических снимков обеспечивают точное покоординатное совмещение разновременных материалов для изучения и картографирования динамики природных сред.

Известно, что сущность объектов целесообразно определять по снимкам с натуральной цветопередачей, а их оконтуривание и выделение — по снимкам с преднамеренно ложной цветопередачей. При автоматизированной классификации снимков использована следующая псевдоцветная комбинация каналов: 5 (средний инфракрасный) — 4 (ближний инфракрасный) — 3 (красный). Эта комбинация удобна для изучения растительного покрова, так как при таком подборе каналов здоровая растительность выглядит ярко-зеленой, а почвы — розовато-лиловыми.

**Автоматизированная классификация космоснимков.** Проведена автоматизированная классификация псевдоцветных изображений в открытом программном обеспечении MultiSpec 3.4. Для выделения типов ландшафтов использован алгоритм неконтролируемой классификации методом ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique — итерационная самоорганизующая методика анализа данных). Данный метод целесообразно применять при отсутствии априорной информации об объекте съемки, он позволяет выделять контуры с неконтрастной по спектральной яркости структурой. Были выбраны оптимальные, на наш взгляд, параметры: количество классов — 11, максимальное число итераций — 20, порог сходимости (количество пикселей, которые меняют свою принадлежность к классу при переходе к следующей итерации) — 5 %, максимальное стандартное отклонение от среднего — 13, минимальное число пикселей для выделения класса — 3, максимальное стандартное отклонение внутри класса — 5, минимальное спектральное расстояние — 5 пикселей.

Полученные первичные дешифрованные картосхемы потребовали дальнейшего объединения или разбиения классов, поскольку одни и те же объекты попали в разные кластеры (из-за условий освещения), а разные объекты оказались в одном кластере (из-за одинаковой яркости). В первом случае кластеры были объединены в один класс, а во втором для различения объектов привлечены дополнительные дешифровочные признаки.

После проведения постклассификационной обработки (генерализации изображения) методом «Анализ большинства» полученные растровые изображения переведены в векторную форму.

**Геоботанические данные.** Исследования сообществ растительности проведены на основе общепринятых методов геоботанических исследований с учетом пространственного распределения фитоценозов. Расположение песчаных массивов в окружении степей во многом определяет их видовой состав и динамику развития. Всего сделано 25 геоботанических описаний. Флористический состав ценокомплекса включает 52 вида высших сосудистых растений. Анализ описаний растительности произведен методами табличной обработки и экологической дифференциации с использованием шкал Л.Г. Раменского [8]. Для выявления пространственно-структурной организации растительности использованы геоботанические профили, геоботанические описания площадок, космоснимки Landsat TM и снимки сверхвысокого пространственного разрешения из спутниковых Интернет-порталов Google Earth и SAS.Планета.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАНДШАФТОВ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Убур-Дзокской котловина находится на юге Селенгинского среднегорья в пределах Селенгинского административного района Республики Бурятия и расположена между  $106^{\circ}26'$  и  $107^{\circ}31'$  в. д.  $51^{\circ}45'$  и  $50^{\circ}49'$  с. ш., в приселенгинской правобережной части бассейна р. Селенги (междуречье рек Селенги и Чикоя) (см. рис. 1, а). По физико-географическому районированию исследуемая территория относится к Селенгинской среднегорной провинции Забайкальской среднегорно-плоскогорной области и области забайкальских котловин, представляя собой Убур-Дзокский мелкосопочный сухостепной ландшафт [2]. Район исследования расположен на правобережье р. Селенги. Площадь территории —  $248,7 \text{ км}^2$ , протяженность по периметру составляет  $72,2 \text{ км}$ .

Климат обусловлен подветренным положением по отношению к основным влагосодержащим ветрам и преобладанием прямой солнечной радиации в общем потоке суммарной радиации. В таких условиях развивается сухостепная растительность на каштановых почвах. Котловинный сухостепной тип ландшафта сложен рыхлыми осадочными породами с преобладанием каменистых фракций. В связи с горным характером территории в морфологической структуре ландшафта образуются сопряженные ряды, составленные из урочищ, среди которых наиболее типичны крутосклоновые каменистые сухостепные, пологосклоновые делювиально-пролювиальные сухостепные, равнинные террасовые песчано-супесчаные сухостепные [2]. Степи располагаются по днищам межгорных понижений, предгорным шлейфам, южным склонам сопок и невысоких гор. Лес не составляет сплошной зоны, а встречается отдельными, часто мелкими массивами, приуроченными к подгорным территориям внутри степных котловин или северным склонам сопок и низких хребтов.

Природные комплексы котловины характеризуются высокой динамичностью гидрологических процессов, неоднородными климатическими условиями и растущей из года в год антропогенной нагрузкой. Сочетание этих факторов вызывает изменения во всех компонентах экосистем. Процессы циклической динамики климата проявляются на всех уровнях организации ландшафтов.

В результате дешифрирования космоснимков с дальнейшим выделением типов ландшафтов созданы разновременные ландшафтные карты Убур-Дзокской котловины, подкрепленные данными полевых геоботанических исследований (рис. 2).

Характерная особенность структуры растительного покрова — многочисленные и не большие по размерам лиственнично-сосновые леса, относящиеся к горно-таежным урочищам, расположенным по верхним ярусам котловины. Среднегорные леса представлены сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и занимают преимущественно склоны северной экспозиции: крутосклоновые каменистые и пологосклоновые песчано-каменистые сосновые урочища. По мере продвижения ко дну котловины располагаются песчано-супесчаные сосновые разнотравные урочища с разнотравно-злаковыми степями, местами разреженные редкостоящими соснами. Но большую часть днища котловины занимают заброшенные сельскохозяйственные угодья, располагающиеся на пологосклоновых делювиально-пролювиальных степных и равнинных террасовых песчано-супесчаных сухостепных урочищах.

На полученной серии карт прослеживаются явные изменения структуры ландшафтов. Так, на снимках 1990 г. пологосклоновые сосновые леса составляли  $14,2 \%$  от общей площади котловины, а к 2010 г. занимаемая ими территория уменьшилась до  $10,6 \%$ . Горно-таежные леса, чередующиеся с крутосклоновыми каменистыми сосновыми редколесьями, занимали в 1990 г.  $30,8 \%$  территории исследования, а к 2010 г. эта цифра сократилась до  $26,1 \%$ . В 2000 и 2010 гг. появился новый класс — открытые участки на склонах среди соснового редколесья. Наблюдается процесс остепнения, обусловленный повышением годовых температур воздуха и параметрами атмосферных осадков, которые

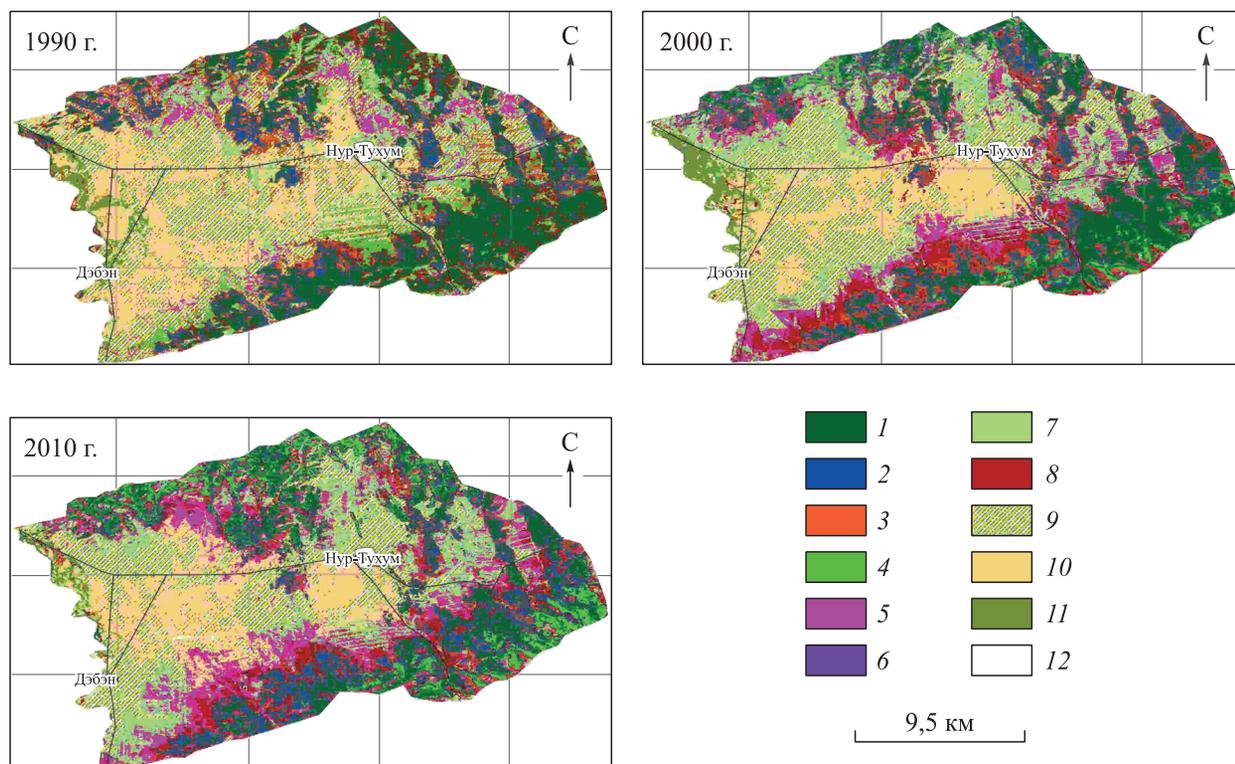


Рис. 2. Ландшафты Убур-Дзокской котловины 1990, 2000 и 2010 гг.

Урочища: 1 — горно-таежные лиственнично-сосновые, 2 — крутосклоновые каменистые сосновые с пятнами петрофитных степей, 3 — пологосклоновые песчано-каменистые сосновые, 4 — пологосклоновые песчано-супесчаные сосновые с мятликовыми степями, 5 — пологосклоновые песчано-каменистые сосновые с житняково-тонконоговыми степями, 6 — пологосклоновые песчано-каменистые сосновые с разнотравно-осоковыми степями, 7 — пологосклоновые делювиально-пролювиальные лапчатково-холоднопопынно-степные с сосновым подростом, 8 — крутосклоновые каменистые сухостепные слабозакустаренные караганой, 9 — пологосклоновые делювиально-пролювиальные лапчатково-холоднопопынно-степные, 10 — равнинные террасовые песчано-супесчаные сухостепные с ильмовниками и солончаками, 11 — долинные аллювиальные лугово-степные разнотравные, 12 — селитебные сельские территории.

остаются в том же количестве или в отдельные годы уменьшаются. Заметна деградация лесных экосистем на верхних склонах котловины и постепенная их замена остепненным травяным покровом с редкостоящими деревьями. Однако наряду с этим отмечено увеличение площадей склоновых степных ландшафтов с молодым сосновым подростом, которое наблюдается повсеместно на территории западного Забайкалья в последние годы.

Фиксируется появление единичных и групповых древесных и кустарниковых пород в травянистых сообществах на нижних склонах гряд, а также их гибель по кромке кустарниково-лесных контуров на прогалинах, что ведет к сглаживанию границ ареалов. В 1990 г. агроландшафты с песчаными отложениями занимали 23,4 % котловины, в 2010 г. их процентное соотношение увеличилось до 36,3 %. Сельскохозяйственные пашни, заброшенные с распадом колхозно-совхозной системы земледелия, переходили в залежи и в дальнейшем интенсивно использовались либо как сенокосные угодья, либо как пастбища. Увеличение песчаных отложений и образование барханного рельефа связано не только с антропогенной деятельностью, но и с динамикой ветрового режима [9, 10]. Об этом свидетельствуют развееваемые пески, полностью лишенные растительности, и открытые песчаные участки со скудной фрагментарной растительностью. Контрастность разноуровневых ландшафтных категорий выражается в глубоком взаимопроникновении сухостепных и подтаежных, степных и псаммофитных элементов, сокращая и увеличивая ареалы определенных ландшафтных единиц. В экотонных частях формируются новые типологические единицы, характеризующиеся свойствами и элементами соседних единиц. Основными факторами, влияющими на динамические процессы в ландшафтных категориях, являются современное изменение климата и антропогенная нагрузка.

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЭОЛОВЫХ ФОРМАХ РЕЛЬЕФА

Особое внимание уделено увеличивающимся по площади песчаным массивам Убур-Дзокойской котловины в окрестностях с. Дзээн [11]. Для выделения ареалов песчаных объектов Убур-Дзокойской котловины загружен космоснимок WorldView-2 сверхвысокого пространственного разрешения (0,5 м) в композите «натуральные цвета» из бесплатного картографического Интернет-ресурса SAS.Планета. Ареалы песков получены в результате автоматизированной классификации данного изображения с помощью алгоритма ISODATA, описанного выше. Суммарная площадь песчаных образований равна 2,3 км<sup>2</sup>, что составляет 1 % от общей площади котловины.

Участок исследования находится в межгорном понижении почти параллельно р. Селенге на второй надпойменной террасе. Это группа песчаных гряд, ориентированных с северо-северо-запада на юго-юго-восток (азимут 357°) по основному направлению ветров. Южная часть участка упирается в лесополосу из ив, высаженных на барханных песках в 1972–1979 гг. [12]. Со слов представителей местного населения, до фитомелиоративных работ оголенные пески свободно развеивались по полям колхоза «Эрдэм».

Основной компонент эоловых форм рельефа — псаммофитная растительность. Соотношение видов по экологическим группам показало преобладание ксерофитов (вероника седая (*Veronica incana* L.), остролодочник шерстистый (*Oxytropis lanata* (Pall.) DC.), тимьян ползучий (*Thymus serpyllum* L.), колосняк кистистый (*Leymus racemosus* (Lam.) Tzvelev subsp. *crassinervius* (Kar. et Kir.) Tzvelev), верблюдка сибирская (*Corispermum sibiricum* Iljin) и др.) 48 %. Значительна доля участия в сложении фитоценозов ксеромезофитов — видов, обладающих повышенной физиологической устойчивостью к засухе (термопис ланцетный (*Thermopsis lanceolata* R. BR.), осока Коржинского (*Carex korshinskyi* Kom.), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.) и др.) — 42 %. В общем спектре жизненных форм (11 групп) доминируют стержнекорневые (кровохлебка лекарственная, козелец лучистый (*Scorzonera radiata* Fisch.), володушка козелецелистная (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.), истод узколистный (*Polygala tenuifolia* Willd.) и др.) и корневищные (кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leys.), осока Коржинского, шлемник скордиелистный (*Scutellaria scordifolia* Fisch.), термопис ланцетный и др.) группы растений. Их преобладание связано, прежде всего, с почвенно-климатическими условиями и рельефом района исследования. Среди древесных форм значительно участие кустарников (кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Biytt.), карагана мелколистная (*Caragana microphylla* (Pall.) Lam.)), представляющих собой эдификаторы и ценозообразователи степных сообществ Селенгинского среднегорья. Особое значение имеют растения-куртинки, составляющие основу растений-ценозообразователей.

Анализ поясной-зональной структуры ценофлор показал, что абсолютное большинство видов относится к степному флористическому комплексу (78,8 %), превосходя виды лесного комплекса почти в четыре раза. Расположение большинства песчаных массивов в поясе горной лесостепи определяет участие широко распространенных степных видов в сложении псаммофитных ценозов, представляющих конечные стадии динамики развития песков [13]. Внутри степного флористического комплекса обилием видов выделяются собственно степные виды (житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum* (L.) Beauv), тонконог гребчатый (*Koeleria cristata* (L.) Pers.), змеевка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng.) и др.), которые приурочены к сухим предгорно-равнинным территориям. При типологическом анализе геоботанических материалов выделено шесть ассоциаций. Массив описаний был подвергнут кластерному анализу с использованием коэффициента Жаккара [14], получена дендрограмма сходств первичных ценофлор. Для выделения ассоциаций описания подвергнуты табличной обработке с использованием доминантно-детерминантного принципа. Разнородная климатическая среда песчаных форм способствует формированию ассоциаций, таких как полынно-термописовая, крыловоковыльная, змеевково-разнотравная, даурскоовсяничево-караганово-приземистоильмовая, осоково-хамеродосово-тимьяновая, остролодочниково-колосняковая. Вертикальная структура в сообществах выражена слабо.

Результаты ординации распределения фитоценозов (ассоциаций) показывают, что более широкий диапазон по фактору увлажненности (43–50 ступеней) и в то же время более узкий по фактору богатства и засоленности почв (13,4–13,7) имеют крыловоковыльные степи. Змеевково-разнотравные и осоково-хамеродосово-тимьяновые фитоценозы локализируются в узких диапазонах увлажненности от 46 до 48, но по богатству и засоленности почв осоково-хамеродосово-тимьяновые сообщества занимают более засоленные местообитания с фактором увлажненности в пределах 13,6–14 ступеней. Остролодочниково-колосняковые сообщества локализируются в пределах 41–43 ступеней по оси увлаж-

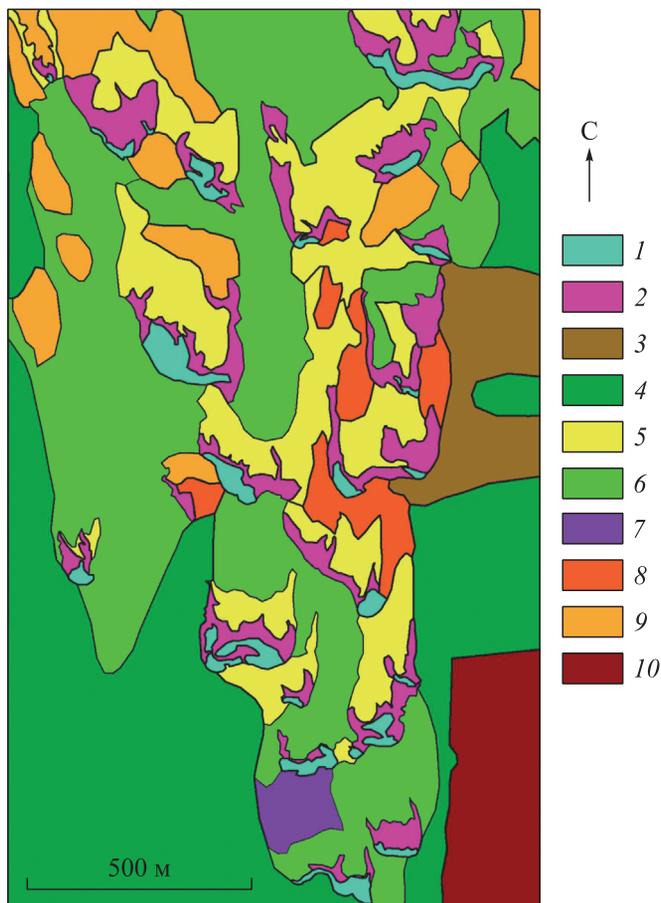


Рис. 3. Фрагмент карты растительности эоловых форм рельефа в окрестностях с. Дзбэн.

1 — развеваемые пески, лишенные растительности; 2 — остролодочниково-колосняковые сообщества на дефлируемых частях песчаных массивов и в котловинах выдувания; 3 — гемипсаммофитная крыловоковыльная степь на плакорных участках; 4 — змеевково-разнотравные сообщества на выровненных междюнных пространствах; 5 — осокково-хамеродосово-тимьяновые сообщества на наветренных склонах дюн; 6 — даурскоовсяницево-караганово-приземистоильмовые сообщества на выровненных междюнных пространствах; 7 — сочетание зарослей черемухи обыкновенной (*Padus avium* Mill.) (а) с даурскоовсяницево-караганово-приземистоильмовыми сообществами (б), а:б = 65:35; 8 — комплекс пятен полынной (а) и термопсисовой (б) группировок на поверхности мелкобугорчато-западинного рельефа с куртинами караганы мелколистной (*Caragana microphylla* (Pall.) Lam.), а:б = 60:40; 9 — комплекс змеевково-разнотравных (а) и даурскоовсяницево-карагановых сообществ (б) на наветренных пологих склонах дюн, а:б = 40:60; 10 — лесопосадки.

нения и 13,2–14 по фактору богатства и засоленности почв, занимая при этом наиболее засушливые позиции по отношению к другим сообществам.

Составлена карта растительности эоловых форм рельефа в окрестностях с. Дзбэн м-ба 1:10 000 (рис. 3). При построении легенды

учитывались экологические особенности сообществ. В процессе картографирования ключевого участка выявлены как гомогенные, так и гетерогенные категории (комплексы).

Неоднородность экотопов современных песчаных образований, порождаемая динамикой эолового рельефа, обуславливает развитие на песках фитоценологических единиц разной организации — от пионерных поселений растений до сложных сообществ [15]. Стоит отметить, что в структуре растительных сообществ наблюдается слабая выраженность ярусов по вертикали. Наиболее простые сообщества представлены фитоценозами с общим проективным покрытием 5–20 %, занимающими вершины дюн, котловины выдувания, наветренные и подветренные склоны. Более сложные сообщества и комплексы растительности с общим проективным покрытием 30–50 % расположены на выровненных междюнных пространствах и пологих склонах. Простые и сложные сообщества играют роль фитоценологических единиц разных стадий развития.

Начальные стадии представлены разреженными маловидовыми остролодочниково-колосняковыми сообществами, образующимися на дефлируемых частях песчаного массива, где идет интенсивный выдув. Гемипсаммофитные крыловоковыльные степи и комплекс змеевково-разнотравных и даурскоовсяницево-караганово-приземистоильмовых сообществ на выровненных междюнных пространствах и на пологих наветренных склонах представляют собой конечные стадии динамики развития песков. Следует отметить, что ценозы, находящиеся в разных динамических стадиях, преобладают на рассматриваемом эоловом образовании, а это указывает на незавершенные стадии трансформации ландшафтов и на локальном уровне.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ динамики ландшафтов Убур-Дзокойской котловины по полученным разновременным ландшафтными картам позволил выявить закономерности процессов трансформации ландшафтов, происходящих в Селенгинском среднегорье. Проведенные ранее в пределах среднегорья исследования Э.Ц. Дамбиева, О.И. Баженовой, В.Б. Выркина, В.Н. Черных, А.Ю. Королюка [2–6] также указывают

на значительные изменения в их пространственной структуре. Наблюдаемый процесс остепнения ландшафтов котловины в целом, деградация лесных экосистем на верхних склонах, увеличение площадей склоновых степных ландшафтов с молодым сосновым подростом, появление единичных и групповых древесных и кустарниковых пород в травянистых сообществах на нижних склонах гряд, а также их гибель по кромке кустарниково-лесных контуров на прогалинах обуславливают контрастность разноуровневых ландшафтных категорий при глубоком взаимопроникновении сухостепных, подтаежных и псаммофитных элементов.

В экотонных частях формируются новые типологические единицы, обладающие в том числе свойствами и элементами соседних единиц. Увеличивающиеся по площади песчаные массивы были более детально исследованы: выявлена площадь песчаных образований, рассмотрены сукцессионные стадии псаммофитных сообществ. Различные этапы обусловлены особенностями ветрового режима, свойствами рыхлых отложений и степенью нарушенности естественного почвенно-растительного покрова. На динамические процессы в ландшафтных категориях основное влияние оказывают современное изменение климата и антропогенная нагрузка. Незавершенные стадии трансформации ландшафтов данного урочища указывают на необходимость дальнейших мониторинговых исследований и включения в сеть ландшафтно-экологического мониторинга процессов опустынивания.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований IX.137.2 «Природные и социально-экономические процессы в зоне влияния Великого Шелкового и Чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (17-05-01059).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. — Новосибирск: Наука, 1979. — 232 с.
2. Дамбиев Э.Ц., Намзалов Б.Б., Холбоева С.А. Ландшафтная экология степей Бурятии. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2006. — 185 с.
3. Черных В.Н. Динамика эоловых процессов в Куйтунском межгорном понижении (Селенгинское среднегорье, Республика Бурятия) // Вестн. Бурят. ун-та. — 2011. — № 4. — С. 21–24.
4. Выркин В.Б. Эоловое рельефообразование в Прибайкалье и Забайкалье // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 3. — С. 25–32.
5. Баженова О.И., Кобылкин Д.В., Мартынова Г.Н., Снытко В.А., Тюменцева Е.М., Шипек Т. Современное эоловое рельефообразование в степях и лесостепях юга Восточной Сибири // Acta Geographica Silesiana. — 2015. — № 19. — С. 29–38.
6. Королюк А.Ю. Оценка деградации растительного покрова степных и лесостепных ландшафтов по космическим снимкам // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2010. — Т. 4, № 2. — С. 45–49.
7. Farr T.G., Hensley S., Rodriguez E., Martin J., Kobrick M. The Shuttle Radar Topography Mission // CEOS SAR Workshop, Toulouse, 26–29 Oct. 1999. — Noordwijk: TSA Publications Division, 2000. — P. 361–363.
8. Раменский Л.Г. Основные закономерности растительного покрова и их изучение // Вестн. опытного дела Средне-Черноземной области. — 1924. — Январь–февраль. — С. 37–73.
9. Баженова О.И., Любцова Е.М., Рыжов Ю.В., Макаров С.А. Пространственно-временной анализ динамики эрозийных процессов на юге Восточной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1997. — 208 с.
10. Баженова О.И., Кобылкин Д.В. Динамика процессов деградации почв в бассейне Селенги в земледельческий период // География и природ. ресурсы. — 2013. — № 3. — С. 33–40.
11. Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б. Пространственная структура растительности на эоловых формах рельефа в окрестностях пос. Дэбэн // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: Материалы III Всерос. науч. конф. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2016. — С. 151–155.
12. Будаев Х.Р. Леса зеленой зоны и озеленение городов и сел Бурятии. — Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1985. — 150 с.
13. Дулепова Н.А., Королюк А.Ю. Растительность развееваемых песков и песчаных степей нижней части бассейна р. Селенги (Республика Бурятия) // Растительность России. — 2015. — № 27. — С. 78–95.
14. Jaccard P. Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques regions voisines // Bull. Soc. Vaudoise sci. Natur. — 1901. — Vol. 37. — P. 241–272.
15. Касьянова Л.Н., Азовский М.Г. Растительность современных эоловых образований на острове Ольхон (оз. Байкал) // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2009. — Т. 11, № 1 (4). — С. 630–637.

*Поступила в редакцию 12 февраля 2018 г.*