

**ЭКОСИСТЕМЫ БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ:  
ЦИФРОВАЯ КАРТА И ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ**

© 2022 г. С.Н. Бажа\*, А.В. Андреев\*, Е.А. Богданов\*, Е.В. Данжалова\*,  
Ю.И. Дробышев\*, И.А. Петухов\*, Ю.А. Рупышев\*\*

\*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: [topexpr@mail.ru](mailto:topexpr@mail.ru)

\*\*Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения РАН  
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6. E-mail: [rupyshv@mail.ru](mailto:rupyshv@mail.ru)

Поступила в редакцию 14.06.2022. После доработки 01.08.2022. Принята к публикации 01.09.2022.

Цифровая карта «Экосистем бассейна оз. Байкал» масштаба 1:500000 составлена методом дешифрирования актуальных материалов космической съёмки с использованием ранее созданных разномасштабных материалов тематического картографирования отдельных территорий в границах бассейна и авторских полевых описаний экосистем и растительности. На карте отражены состав, структура и современное состояние наземных экосистем, показаны новые сильно расширившиеся по сравнению с картографическими данными прошлых лет площади антропогенных экосистем. Легенда карты включает 71 выдел экосистем, соответствующих ландшафтным единицам урочище/подурочище.

Для отображения пространственной вариабельности природных компонентов экосистем были разработаны соответствующие цифровые слой-карты (объединённые ГИС): морфогенетических типов рельефа, почвенного покрова и растительности бассейна, разработанные на основе интерполяции различных опубликованных тематических данных и дополненные сведениями из архивов и материалов более чем 50-летнего полевого изучения почв и растительного покрова Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедицией Российской академии наук и Монгольской академии наук (СРМКБЭ).

Созданная пространственная база данных объемом 5.1 Гб представляет собой картографический Веб-сервис. Она предназначена для открытого использования на любых персональных компьютерах, рабочих станциях, ноутбуках, планшетах, смартфонах работающих на ОС Windows и Android, в том числе мобильных, имеющих доступ в интернет. В базу данных включена пространственная информация об экосистемах и их антропогенной нарушенности по 9 модельным полигонам (масштабы 1:200000 и крупнее) и 9 ключевым участкам (масштабы 1:5000-1:10000), а также по 1757 геоботаническим описаниям.

*Ключевые слова:* бассейн оз. Байкал, геоинформационное экологическое картографирование, экосистемы, дешифрирование, антропогенные факторы, база данных, ГИС.

**DOI: 10.24412/2542-2006-2022-3-120-171**

**EDN: FZDSSD**

Байкал – крупнейшее пресноводное озеро Азии, содержащее свыше 20% мировых запасов пресных вод, самое глубокое озеро нашей планеты. Озеро является объектом Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (фото 1). Оно имеет тектоническое происхождение, расположено в Байкальской рифтовой зоне.

Бассейн оз. Байкал площадью 576.5 тыс. км<sup>2</sup> является составной частью водосборного бассейна Северного Ледовитого океана. Территория бассейна, достигающая в меридиональном направлении 1200 км, а в широтном – 950 км, располагается в пределах границ двух государств – России и Монголии.

Значительная площадь бассейна Байкала, находящегося на стыке таёжных гор Южной Сибири и горных степей Монголии, влияние соседних природных регионов Западной

Сибири, Дальнего Востока, Китая и Центральной Азии, чередование различных форм рельефа, экологических факторов и деструктивное воздействие хозяйственной деятельности, создали условия для формирования высокого многообразия ландшафтов и слагающих их экосистем, в том числе растительного покрова, флоры и фауны региона. Только в пределах российской части бассейна ботаниками выделяется 5 региональных формаций растительности: Южносибирская, Северомонгольская, Среднесибирская, Центральноазиатская, Байкало-Джугджурская, различия между которыми проявляются на уровне растительных сообществ и их сочетаний в пределах каждого высотного пояса и среди гидроморфной растительности (Белов и др., 2015).



**Фото 1.** Озеро Байкал в Бурятии (здесь и далее фото авторов статьи).

**Photo 2.** Baikal Lake in Buryatia (all photos are provided by the authors).

С экономической точки зрения бассейн Байкала является динамично развивающимся регионом Южной Сибири и Северной Монголии. Здесь сосредоточена большая часть населения Республики Бурятия и Монголии, интенсивно развивается горнодобывающая и лесобработывающая промышленность. Для монгольской части бассейна характерна интенсификация сельскохозяйственного использования биоресурсов: быстрый прирост поголовья скота и расширение площадей богарного земледелия. Высокая степень хозяйственной освоенности территории, несомненно, оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на природную среду региона, провоцируя развитие деградационных процессов в экосистемах (Тулохонов, 1996; Экосистемы ..., 2005; Водные экосистемы ..., 2009; Антропогенная ..., 2012). Происходящие в настоящий момент активные социально-экономические преобразования в регионе зачастую приводят к возникновению спорных ситуаций, как среди научного сообщества, так и среди местного населения. Такие последствия принятых решений вызваны, прежде всего, недостаточностью полной, актуальной и легкодоступной информации о современном устройстве и функционировании природно-территориального комплекса (ПТК) байкальского бассейна на разных уровнях организации.

Необходимость усиления природоохранной деятельности при рациональном

использовании совокупности адаптивных способов и методов организации хозяйственной деятельности в бассейне Байкала – одна из приоритетных задач, стоящих перед Россией и Монголией. Существенную роль при этом должна сыграть и новая цифровая база данных «ГИС Экосистемы бассейна оз. Байкал» (2022).

### Объект картографирования

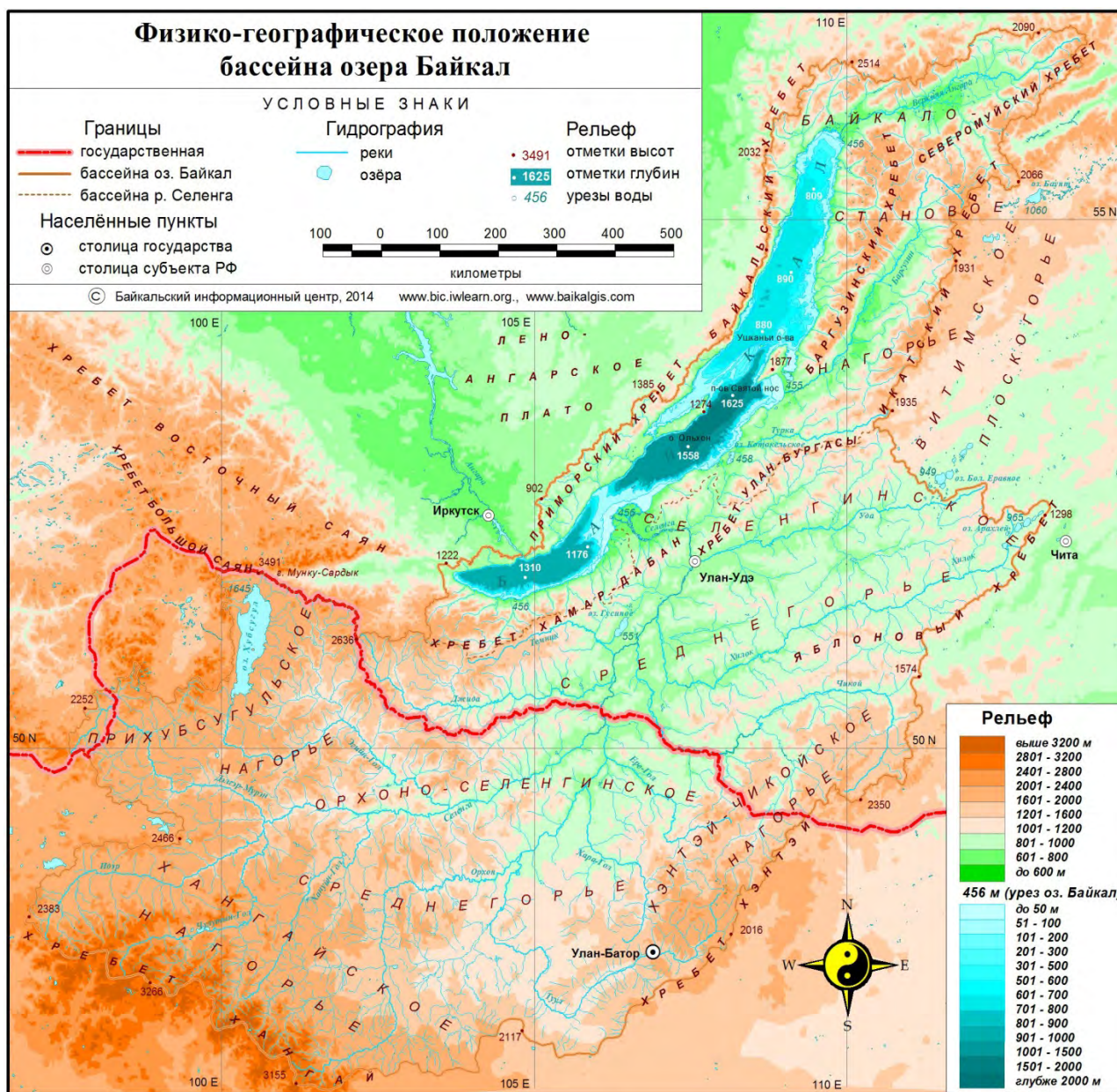
*Географическое положение.* В России бассейн занимает площади в Иркутской области, Забайкальском крае, Республике Тыва и большую часть Республики Бурятия (рис. 1а). В границах Монголии территория бассейна охватывает Хубсугульский, Архангайский, Булганский, Орхонский, Селенгинский, Дархан-Уулский и Товский аймаки, административный регион – город Улан-Батор, а также частично земли Завханского, Увэрхангайского, Баянхонгорского и Хэнтэйского аймаков.



**Рис. 1а.** Местоположение бассейна оз. Байкал. **Fig. 1a.** The location of the Baikal Lake basin.



Границы территории бассейна оз. Байкал проходят по траверсам гребней водораздельных хребтов и верхним уровням водосборных плато. На северо-западе (от восточной окраины хр. Сангилен), севере и востоке Байкальский бассейн граничит с бассейнами рек Енисея и Лены, также несущих свои воды в Северный Ледовитый океан. На юго-востоке проходит водораздел с бассейном Тихого океана (р. Амур). К югу, юго-западу и западу от бассейна оз. Байкала простирается обширный бессточный бассейн Центральной Азии, включающий природные регионы Средня Халха, Долина Гобийских озёр и Котловина Больших озёр (рис. 16).



**Рис. 16.** Физико-географическое положение бассейна озера Байкал (Доклад ..., 2015).

**Fig. 1b.** Physical-geographical location of the Baikal Lake basin (Report ..., 2015).

*Рельеф и гидрография.* Для территории бассейна характерна значительная контрастность орографического устройства, экологических условий и разноплановость антропогенного влияния, которые предопределили высокое разнообразие ландшафтов, состава и структуры

экосистем, в том числе многообразии растительного покрова. Здесь полностью преобладает горный рельеф с выраженной дифференциацией природно-территориальных комплексов по высотно-климатическим поясам. Условия для формирования субравнинных экосистем создаются лишь в межгорных долинах и котловинах.

Водосборная территория, рельеф которой представлен разнонаправленными горными хребтами и высокими платообразными поверхностями, осложнён различными гидрогенными и отрицательными тектоническими формами: транзитными речными долинами, влажными и заболоченными межгорными котловинами, сухими внутригорными и межгорными долинами и котловинами, тектоническими прогибами и впадинами, разделяющими главные горные сооружения.

Перепад высот от поверхности оз. Байкал до наивысшей точки (3539.9 м н.у.м. БС) на главном Хангайском хребте составляет около 3100 м.

К северу от озера хребты Станового нагорья (Верхнеангарский, Северо-Муяканский, Делюн-Уранский) редко превышают абсолютные отметки в 2000 м н.у.м. БС, но имеют альпинотипные формы рельефа со скалистыми глубокими древнеледниковыми долинами. Многочисленные реки и ручьи, стекающие с горных склонов хребтов Станового нагорья, дают начало Верхней Ангаре – второй по значимости реке, впадающей в Байкал. Средняя и нижняя часть течения реки проходит по Верхнеангарской котловине, где приобретает равнинный характер. Впадает в Байкал (его северную часть), образуя большой мелководный залив – Ангарский сор, отделённый от основной акватории озера широкой песчаной косой.

Истоки ещё одной мощной реки, впадающей в Байкал – Баргузин, находятся на стыке вершин Южно-Муйского и Икатского хребтов. На выходе из горной долины река попадает в относительно небольшую Амутскую котловину, а затем течёт по обширной Баргузинской котловине, приобретая типичный облик равнинной реки, с хорошо разработанной разноуровневой поймой (фото 2). Основные притоки Баргузин принимает с округловершинного Икатского хребта.

С окружающих Байкал горных хребтов (островершинные альпинотипные – Хамар-Дабан и Баргузинский и слаборасчленённые с округлыми вершинами – Улан-Бургасы, Приморский и Байкальский) в озеро стекает ещё более 300 небольших рек, наиболее протяжёнными среди них являются Турка и Снежная (фото 3).

Самая крупная водная артерия, питающая Байкал – это р. Селенга, берущая начало в высокогорьях Монголии и через 1024 км впадающая в Байкал на территории России (в Бурятии), образуя обширную болотисто-луговую дельту с многочисленными протоками и мелкими пойменными озёрами, растущую за счёт оседающей здесь большей части терригенного стока, приносимого рекой (фото 4). Селенга даёт около половины объёма воды, пополняющей озеро. Площадь её водосборного бассейна составляет свыше 77% от площади байкальского бассейна. В России расположен меридиональный равнинный отрезок течения Селенги. Здесь её главные правые притоки – Уда, Хилок стекают со склонов невысоких пологовершинных хребтов и из озёр Витимского плоскогорья и, частично, с восточной части Яблонового хребта на западе Забайкалья, откуда принимают многочисленные притоки, и текут в широких хорошо разработанных долинах. Самый крупный правый приток – пограничная р. Чикой (и притоки её верховья) начинается на Хэнтэй-Чикойском нагорье. Чикой течёт к Селенге, отделяя Малхатский хребет от северных отрогов Хэнтэйского нагорья.

Горные хребты, расположенные западнее меридионального отрезка течения Селенги, имеют широтное простирание и ассиметричные склоны (крутые южные и покатые северные), а также пологие вершины и разделены глубоко врезаемыми долинами рек – левых притоков Селенги, истоки которых находятся на южном макросклоне хр. Хамар-Дабан: р. Темник (разделяет хребты Хамар-Дабан и Малый Хамар-Дабан) и р. Джида



(между хребтами Малый Хамар-Дабан и Джидинский), собирающие многочисленные горные притоки с окружающих склонов. Часть стока р. Темник попадает в крупное пресное озеро Гусиное, расположенное в долине Селенги.



**Фото 2.** Река Баргузин у подножья одноимённого хребта.  
**Photo 2.** The Barguzin River at the foot of the Barguzin Range.



**Фото 3.** Баргузинский хребет. **Photo 3.** Barguzin Range.

В Монголии бассейн Селенги включает большие части территорий крупнейших горных систем – Хангайского и Хэнтэйского нагорий, западного и восточного Прихубсугулья.

Селенга образовалась в результате слияния (на западе монгольской части бассейна) двух мощных горных рек Дэлгэр-Мурэн и Идэр (с правым притоком Чулутын-Гол). Истоки Дэлгэр-Мурэна находятся в высокогорьях (до 3000-3300 м н.у.м. БС) альпинотипных хребтов западного Прихубсугулья: Хан-Тайга, Улан-Тайга, Хорьдолын-Сарьдик-Нуру и гольцах хр. Сангилен. К югу, пройдя среднегорные сглаженные с хорошо разработанными межгорными долинами предгорья, река приобретает широтное направление и проходит по котловинно-сопочному Предхангайскому прогибу и, обогнув каменистые сильнорасчленённые северные отроги Хангая (хр. Эрчимин-Нуру), соединяется с Идэром (фото 5).

Идэр берёт начало в высокогорных гольцах западной части главного Хангайского хребта, течёт на север через сглаженные средневысотные предгорья, поворачивает на восток, разделяя своей глубоко врезанной разработанной долиной высокогорные хангайские хребты Булнай (на севере) и Тарбагатай (на юге), имеющие округлые гольцовые вершины, достигающие 2600-3200 м н.у.м. БС, и крутые склоны к глубоким долинам небольших горных рек – притоков Идэра (фото 6).

В бассейне Селенги расположено самое большое и глубокое пресноводное озеро Монголии Хубсугул. Лежит в той же рифтовой тектонической зоне, что и Байкал (фото 7). Из Хубсугула также вытекает единственная река Эгийн-Гол – левый приток Селенги (фото 8). С запада и севера озеро окаймляют высокие каменистые с альпийскими формами вершин хребты Баян Ула (с абсолютными высотами до 3000-3200 м н.у.м. БС) и Мунку Сарьдык (до 3200-3500 м н.у.м. БС; фото 9).



**Фото 4.** Река Селенга вблизи Российско-Монгольской границы.  
**Photo 4.** The Selenge River near the Russian-Mongolian border.

От восточного побережья Хубсугула далеко к востоку простираются разнонаправленные средневысотные сглаженные хребты восточного Прихубсугулья, приближающиеся к абсолютным высотам 3000 м н.у.м. БС лишь на водораздельных северных грядах. Горы средне расчленены хорошо разработанными речными долинами и чередуются с неглубокими



внутригорными котловинами. Эгийн-Гол пересекает восточное Прихубсугулье с запада на восток, собирая с него все стоки, и впадает в Селенгу у западной оконечности широтного хребта Бутэлийн-Нуру, который аналогичен расположенному севернее Джидинскому хребту. Эти хребты разделяет широкая долина р. Зэлтэр – правого притока Джиды (фото 10).



**Фото 5.** Река Дэлгэр-Мурэн в среднем течении.  
**Photo 5.** The Delger-Muren River in its middle reaches.



**Фото 6.** Река Идэр у подножья хр. Тарбагатай.  
**Photo 6.** The Ider River at the foot of the Tarbagatai Ridge.





**Фото 7.** Озеро Хубсугул. **Photo 7.** Khuvsgul Lake.



**Фото 8.** Река Эгийн-Гол. **Photo 8.** The Egiin Gol River.





**Фото 9.** Хребет Мунку Сарьдык. **Photo 9.** Munku Sardyk Ridge.



**Фото 10.** Река Зэлтэр. **Photo 10.** The Zelter River.

Главный Хангайский водораздельный хребет, абсолютные высоты которого в среднем превышают 3000 м н.у.м. БС, имеет каменисто-щебнистые куполообразные вершины (фото 11). Его северный макросклон, постепенно снижаясь к внутригорным котловинам и долинно-грядовым среднегорным сооружениям восточного Хангая, разделяется глубокими долинами горных рек на отдельные меридиональные гряды. От расположенного севернее хр. Тарбагатай Хангайский хр. отделён широкой котловиной оз. Тэрхийн-Цаган, сложенной породами древнеледникового и вулканического происхождения. Это крупное пресноводное

озеро образовалось в постледниковый период в результате перекрытия речного стока лавой извергавшихся вулканов (фото 12).



**Фото 11.** Вершины главного Хангайского хребта. **Photo 11.** Peaks of the main Khangai Range.



**Фото 12.** Озеро Тэрхийн-Цаган-Нур. **Photo 12.** Terkhiin-Tsagaan-Nur Lake.

На верхнем отрезке течения Селенга принимает только один крупный приток – Хануй-Гол, истоки которого находятся на главном Хангайском хребте. Далее на восток Селенга течёт в расширяющейся до 20-30 км межгорной долине, всё более приобретая характер равнинной реки с многоуровневой поймой и широкими надпойменными террасами.



Долина Селенги разделяет среднегорные со сглаженными формами вершин и склонов хребты Бутэлийн-Нуру и Бурэн (северо-восточное продолжение Хангая).

Перед поворотом русла на север вблизи государственной границы Селенга сливается с крупнейшим правым притоком, самой протяжённой реки Монголии (1124 км) – Орхон (фото 13). Он тоже берёт начало в скалистых высокогорьях восточной оконечности главного Хангайского хребта. При выходе с гор река проходит по широкой плоской засоленной и сырой депрессии – Приорхонской впадине, на выходе из которой получает крупный левый приток – р. Тамирын-Гол. Вскоре река меняет направление на широтное, течёт в узком глубоком каньоне, отделяя хр. Бурэн от разрозненных широкими межгорными долинами и котловинами низких и средневысотных горных сооружений массива Бургут. На всём пути к Селенге Орхон больше не получает ни одного значительного притока слева, но в него впадает несколько больших правых притоков, истоки которых расположены в высокогорьях Хэнтэйского нагорья – одного из крупнейших горных массивов Монголии.



**Фото 13.** Река Орхон перед слиянием с Селенгой.  
**Photo 13.** The Orkhon River meeting the Selenga River.

Горные системы Хангая и Хэнтэя разделяет крупный межгорный прогиб – Нижне-Орхонская депрессия, в которой межгорные сухие и транзитные долины, обширные межгорные котловины чередуются с невысокими горными грядами и мелкосопочниками. По днищу депрессии на север протекает Орхон.

Самый южный и мощный правый приток Орхона – р. Тола, покинув Хэнтэйские горы течёт на юго-запад в широкой хорошо сформированной долине (фото 14), затем, резко повернув на север через горы Бургут, устремляется к Орхону. Южная граница бассейна Тола образует южную границу всего Байкальского бассейна и затем проходит по среднегорным юго-западным отрогам Хэнтэя, скалистым вершинам Унджувского хребта (фото 15) и далее на запад по разрозненным низкогорным массивам до восточных отрогов главного Хангайского хребта.



**Фото 14.** Долина р. Тола. **Photo 14.** The valley of the Tola River.



**Фото 15.** Унджувский хребет. **Photo 15.** Unjuul Range.

Ещё несколько значительных правых притоков Орхона – реки Хара-Гол, Шарын-Гол и Еро начинаются с каменистых округлых гольцов и курумов Хэнтэя, пересекают в глубоко врезанных долинах его западные средневысотные отроги и, выйдя в Нижне-Орхонскую депрессию, сливаются с водами Орхона.



В Бурятии наиболее значительные песчаные наносы располагаются на предгорных шлейфах Баргузинской котловины (Куйтуны) и примыкающих пологих склонах хр. Икатский, в низовьях долины Уды, на пологих придолинных склонах и речных террасах бассейна нижнего течения Чикоя (в т.ч. массив «Большие пески») и в долине Селенги. В Монголии массивы эоловых песчаных отложений широко распространены на террасах в долинах Идэра, Селенги и её правого притока Боро-Гол, низовьев Орхона и Хара-Гола (в т.ч. массив «Салхит»), южного отрезка течения Толы и в бассейне её левого притока Харухын-Гол (включая массив «Монголын Элс», фото 16). Мощными плащами эоловых песков перекрыты примыкающие к долинам Селенги и Орхона окраинные северо-восточные склоны хребтов Бутэлийн-Нуру, Джаргалант (восточное окончание хр. Бурэн) и низкие пологие северо-западные отроги Хэнтэя.



**Фото 16.** Полузакреплённые пески «Монголын Элс» (Булганский аймак Монголии).

**Photo 16.** Semi-fixed sands «Mongol Els» (Bulgan Aimag, Mongolia).

Крупнейшими межгорными депрессиями в бассейне Байкала являются болотисто-лесная Верхнеангарская котловина, опесчаненная пойменно-степная Баргузинская котловина (фото 17), степной Предхангайский прогиб, пойменно-степная Приорхонская впадина и



лесостепная Нижне-Орхонская депрессия. На юге, на левобережье р. Тола группу средневысотных степных хребтов, протянувшихся от Хэнтэя в западном направлении более чем на 200 км, разделяют крупные межгорные котловины (Налайхская, Зунмодская, Унджульская), а к югу от хр. Бургут протянулась плоская засоленная долина р. Харухын-Гол.



**Фото 17.** В Баргузинской котловине. **Photo17.** Inside the Barguzin Hollow.

Горные массивы Прихубсугулья, Хангая и Прибайкалья характеризуются высокой сейсмичностью (Экологический ..., 2015). Наглядные следы недавней вулканической деятельности наблюдаются, кроме котловины оз. Тэрхийн-Цаган, также в истоках Орхона и Дэлгэр-Мурэна, в районе среднего течения рр. Чулутын-Гол и Хануй-Гол, вдоль широтного отрезка течения Орхона (фото 18, 19) и др.

*Особенности развития и распространения почвенно-растительного покрова.* Большое влияние на состав и структуру почвенно-растительного покрова оказывает повсеместное распространение многолетней и островной мерзлоты, что, в первую очередь, связано с особенностями резкоконтинентального климата: продолжительной с сильными морозами зимой и умеренно-тёплым летом, а в долинах и котловинах южной половины бассейна – также с длительным застоём зимой морозного воздуха на фоне незначительной толщины снежного покрова. Сильные ветры, особенно в весенний период, в степных районах Монголии и котловинах Бурятии способствуют перемещению больших масс песка на значительные расстояния, образованию песчаных форм рельефа, распространению лёгких почв и формированию псаммофитных растительных сообществ. Существенное усиление к югу общей аридности климата (увеличение инсоляции, снижение количества осадков) привело к формированию в горах южнее Байкала высотного лесостепного пояса с чёткой экспозиционной дифференциацией экосистем: лесных – на северных (теневых) склонах и степных – на южных (хорошо освещённых). Состав, высотное положение и площадь распространения горных природных поясов зависит от высоты горных сооружений, широты местности и климатических региональных особенностей территории.



**Фото 18.** Ущелье р. Чулутын-Гол. **Photo 18.** The canyon of the Chulutyn Gol River.

К северу и северо-востоку от Байкала на вершинах гор с альпинотипными формами рельефа среди скал, каменистых россыпей и троговых долин на хрящеватых торфянисто-суглинистых почвах встречаются разреженные группировки криопетрофитов, небольшие фрагменты дриадовых, лишайниковых, осоково-ерниковых тундр, подгольцовых редколесий, куртин кедрового стланика и нивальных луговин. Близкие по составу почв и растительности сочетания отмечаются на альпинотипных вершинах Хамар-Дабана и гор западного Прихубсугулья.

На гольцовых округлых каменистых вершинах высоких гор к востоку от Байкала, в Забайкалье, восточном Прихубсугулье, на Хэнтэе, хребтах Джидинский и Тарбагатай преобладают горные тундры и ерники на разных типах горно-тундровых почв, сочетающиеся с подгольцовыми редколесьями, кобрезиевыми пустошами, каменистыми россыпями и курумами.

Подгольцовые редколесья наиболее широко распространены в северо-восточной и восточной части российской части бассейна. Кедровостланиковые, лиственничные, кедровые, еловые и пихтовые разреженные низкорослые древостои обычно сочетаются с ерниками, горными тундрами и каменистыми россыпями.

Широкое распространение в горах кедрового стланика, образующего самостоятельные густые заросли на верхних уровнях лесного пояса, или входящего в состав многих



высокогорных и лесных сообществ, является характерной особенностью ландшафтов бурятской и забайкальской частей бассейна оз. Байкал.



**Фото 19.** Тектогенный каньон р. Орхон. **Photo 19.** The tectogenic canyon of the Orkhon River.

В условиях более сухого климата в высокогорьях Хангая и Сангилен на каменисто-щебнистых вершинах сформировались разреженные группировки высокогорных криопетрофитов и (на более низком высотном уровне) сообщества криофильных высокогорных кобрезиевых и влажных осоковых лугов на горно-луговых альпийских (и субальпийских) почвах (фото 20). По южным сухим хорошо освещённым склонам высокогорья этих горных массивов и хребтов Тарбагатай, Булнай и Сангилен на горно-лугово-степных и высокогорно-степных грубогумусных почвах развиваются кобрезиево-мелкодерновиннозлаковые сообщества высокогорных степей (Доржготов, 1992).

Лесной пояс охватывает практически всю горную территорию российской части байкальского бассейна (исключая предгорную часть Баргузинской котловины, долину Селенги и нижние отрезки долин её главных притоков), а в Монголии – среднегорья Хэнтэя, восточного Прихубсугуля (фото 21), верхние уровни хребтов Джидинский, Бутэлийн-Нуру и Бурэн.

В бассейне Верхней Ангары, на Становом нагорье, хребтах северо-западного и юго-восточного побережий Байкала преобладают леса северотаёжных (кустарничковые, моховые, бадановые, стланиковые, рододендровые) и среднетаёжных (травяно-зеленомошные, травяные, разнотравно-брусничные) типов на горно-таёжных почвах разной степени и глубины мерзлотности, мощности и каменистости. Преобладают лиственничные (лиственницы даурская, сибирская) и кедровые древостои. На щебнистых и опесчаненных экотопах преимущественно южных экспозиций распространены сосновые леса. Существенно меньшие территории занимают еловые и пихтовые насаждения. Таёжные леса со склонов гор спускаются на предгорные шлейфы и в поймы рек Верхнеангарской, северной части Баргузинской котловин и в днища горных долин, где часто развиваются в условиях пойменного и избыточного грунтового увлажнения. Южнее хребтов Хамар-Дабан и Улан-



Бургасы горно-таёжные лиственничные и кедровые леса остаются лишь на верхних уровнях северных склонов среднегорных хребтов, а в горах монгольской части бассейна Байкала кедровые леса сохраняются только на вершинах самых высоких горных сооружений (фото 22). На нижних уровнях теневых склонов распространены лиственничные и сосновые травяные леса южнотаёжных (псевдотаёжных) типов на дерново-лесных сезонно-мерзлотных щебнистых и каменистых почвах. Сосновые леса на песчаных отложениях и щебнистых южных склонах в котловинах обычно имеют остепнённые травяной и кустарниковый ярусы (фото 23).



**Фото 20.** Кобрезиевые луга на Хангае. **Photo 20.** Kobresia meadows in the Khangai Mountains.

К югу от этих двух хребтов на склонах (преимущественно южных экспозиций) горных долин притоков Селенги, начинают развиваться экосистемы горных степей. Формируется горный лесостепной пояс, который прослеживается до южной границы бассейнов Тола и Орхона (фото 24). Лесостепные и степные экосистемы отмечены и в более северных широтах, по днищам обширных межгорных котловин: на пологих опесчаненных предгорных шлейфах Икатского хребта в Баргузинской котловине, на байкальском острове Ольхон и примыкающих к нему участках побережья.

Площади лесов с продвижением на юг неизменно сокращаются. Вдоль южной границы бассейна Байкала на привершинных северных горных склонах остаются лишь островные участки травяных лиственничников и заросли кустарниковых берёз. Напротив, площади степных экосистем, приуроченные вначале к южным склонам, расширяются, переходя на все хорошо освещённые склоны, присклоновые шлейфы, террасы, поднимаясь далее на нижние уровни теневых склонов. В северной и центральной частях пояса горные луговые (умеренно-влажные) степи, чередующиеся с горными остепнёнными лугами на горных чернозёмах и горные умеренно-сухие степи на горных тёмно-каштановых почвах сменяются у южных границ бассейна горными сухими степями на горных каштановых почвах. На горных



склонах значительные площади занимают петрофитные варианты степной растительности. Наиболее масштабно лесостепной пояс развит на приселенгинских хребтах в Бурятии, юго-западе Прихубсугулья, всех хребтах Хангайского нагорья и западных отрогах Хэнтэя.



**Фото 21.** Горная лиственничная тайга восточного Прихубсугулья.  
**Photo 21.** Mountain larch taiga in the Eastern Khuvsgul Region.



**Фото 22.** Лиственнично-кедровый лес на привершинном склоне хр. Джаргалант (северо-восточный Хангай). **Photo 22.** Larch-cedar forest on the slope near the Jargalant Ridge top (Northeastern Khangai Mountains).





**Фото 23.** Остепнённый сосняк на опесчаненных склонах левого берега р. Чикой.  
**Photo 23.** Steppified pine forest on the sandy slopes of the left bank of the Chikoy River.



**Фото 24.** Горная лесостепь в горном массиве Бургут (Монголия).  
**Photo 24.** Mountain forest-steppe on the Burgut Mountain Range (Mongolia).

В результате пожаров, бесконтрольных рубок и деятельности насекомых-вредителей на всей территории лесного и лесостепного поясов в бассейне Байкала большие площади коренных хвойных лесов были уничтожены и сменились вторичными мелколиственными (берёза, осина) и смешанными древостоями (фото 25).



**Фото 25.** Вторичные древостои на месте сгоревших сосновых лесов (хр. Бутэлийн-Нуру).  
**Photo 25.** Secondary forest on the site of burnt pine forests (Buteliin-Nuru Ridge).

Степной пояс хорошо представлен к югу от Байкала в условиях псевдоравнинного рельефа: в безлесных широких долинах крупных рек, устьевых частях долин их притоков, в Нижне-Орхонской депрессии, Приорхонской впадине, Предхангайском прогибе, по котловинам в бассейне Толы и другим сухим депрессиям. Луговые степи приурочены в них (в северной и центральной частях пояса), главным образом, к присклоновым участкам (фото 26). Умеренно-сухие степи распространены по предгорным шлейфам долин, останцовым низкогорьям и мелкосопочникам. Сухие степи на каштановых почвах преимущественно занимают нижние участки пролювиальных шлейфов и речные надпойменные террасы в центре и на юге степной территории (фото 27). На правобережных шлейфах южного отрезка долины Толы отмечены фрагменты многокорешковолуковых степей на светло-каштановых почвах. На сухих сильно опесчаненных экотопах в межгорных котловинах и речных долинах формируются сухостепные псаммофитные сообщества с доминированием караган – мелколистной или Бунге (фото 28). Все степные сообщества под воздействием чрезмерных пастбищных нагрузок образовали различные пасторальные модификации в которых доминируют сбоевыносливые виды степных растений (фото 29).

Гидроморфные экосистемы, существующие в условиях повышенного и избыточного увлажнения (пойменного, грунтового, натёчного, сезонного, застойного), распространены на всей территории Байкальского бассейна, однако, по мере усиления аридности в южном и юго-западном направлении, их доля в структуре и составе ландшафтов сокращается.

На платообразных поверхностях всех высокогорий в микропонижениях и распадках верховьев горных водотоков на торфянистых, торфяно-болотных и перегнойно-глеевых почвах формируются болотистые кобрезиево-разнотравно-осоковые луга (фото 30) и заболоченные ерники, сменяющиеся ниже по рельефу в верховьях долин заболоченными зарослями курильского чая с кустарниковыми ивами и разреженным древостоем.





**Фото 26.** Луговая степь на присклоновом шлейфе (восточное Прихубсугулье).  
**Photo 26.** Meadow steppe on an apron near the slope (Eastern Khubsugul Region).



**Фото 27.** Сухая тырсовая степь на юге Нижнеорхонской депрессии.  
**Photo 27.** Dry Stipa steppe in the south of the Lower Orkhon Depression.





**Фото 28.** Псаммофитная дерновиннозлаково-мелколистнокарагановая сухая степь в Унджувльской котловине. **Photo 28.** Psammophytic soddy-grass-*Caragana microphylla*<sup>1</sup> dry steppe in the Unjuul Hollow.



**Фото 29.** Деградированная выпасом сухая степь с полынью Адамса (сомон Замар).  
**Photo 29.** Dry steppe with *Artemisia adamsii*, degraded due to grazing (Zamar Somon).

<sup>1</sup> Латинские названия растений приводятся по The Plant list (2022).





**Фото 30.** Высокогорные кобрезиево-осоковые болотистые луга (хр. Тарбагатай).  
**Photo 30.** High-mountain kobresia-sedge marshy meadows (Tarbagatai Ridge).

В бассейне Верхней Ангары и в горной системе Станового нагорья в долинах верхнего уровня лесного пояса распространены переувлажнённые заросли кустарниковых ив и берёз на лугово-болотных мерзлотных и торфянисто-глеевых мерзлотных почвах, в комплексе со злаково-осоковыми болотистыми и злаково-богаторазнотравными мезофильными лугами.

По днищам горных речных долин, окружающих Байкал и бассейн Верхней Ангары, на торфяно-болотных глубоко промерзающих и дерново-подзолистых супесчаных почвах распространены сырые еловые и пихтовые леса, обычно, с лиственницей, чозенией, ольхой, тополем. На заболоченных участках днищ и в поймах Верхнеангарской и на севере Баргузинской котловин и в верховьях широких долин крупных притоков Селенги (севернее отрогов Хангая) на торфяных мерзлотных, торфянисто-болотных, торфянисто-иловато-глеевых почвах произрастают урёмные лиственничные и берёзово-лиственничные леса, местами с участием ели и сосны. В поймах лесного пояса многих рек встречаются коренные берёзовые травяные леса, часто с участием лиственницы, тополя и пойменных ивняков.

В поймах рек лесостепного и степного поясов распространены ивово-тополёвые урёмы на слабо развитых дерново-подзолистых почвах и заросли кустарниковых ив с участием черёмухи, смородин, облепихи на аллювиальных слоистых почвах.

В многоуровневых поймах крупных рек и низовьях небольших горных рек развиваются мезофильные разнотравно-злаковые луга на аллювиальных дерновых почвах (поймы среднего уровня, фото 31), разнотравно-осоковые болотистые луга на аллювиальных лугово-болотных почвах (поймы низкого уровня) и комплекс вострецовых и твердоватоосочковых остепнённых лугов на аллювиальных остепняющихся почвах (поймы высокого уровня).

Для мелководьев озёр и прибрежной линии многих рек характерны тростниковые и осоково-тростниковые болотистые луга на болотных, лугово-болотных и мерзлотных пойменных заболоченных почвах. В плоском днище Верхнеангарской котловины значительные площади заняты кустарничково-осоково-гипновыми и сфагновыми олиготрофными болотами.

Поймы небольших рек лесостепного и степного поясов занимают злаково-разнотравно-осоковые (осока бесжилковая и др.) и осоково-полевицевые болотистые и мезофильные луга на мерзлотных дерново-глеевых, лугово-болотных мерзлотных, лугово-болотных и луговых почвах (с криогенной закороченностью в верховьях долин) и с участием вострецовых остепнённых и злаково-разнотравных мезофильных лугов (на нижних отрезках долин).



**Фото 31.** Мезофильный пойменный луг в низовьях Орхона.

**Photo 31.** Mesophilic floodplain meadow in the lower Orkhon.

В степном поясе по микропонижениям на террасах крупных рек (Баргузин, Селенга, Чикой, Дэлгэр-Мурэн, Орхон, Тола с её притоками) и в приозёрных понижениях распространены галофитные разнотравные, злаковые и разнотравно-чиевые (остепнённые) солончаковые луга (фото 32) и луговые солончаки, на лугово-солончаковых почвах, обычно в сочетании с бескильницевыми и солянковыми сообществами.



**Фото 32.** Вострецово-галофитноразнотравно-чиевый солончаковый луг на притеррасной пойме р. Орхон. **Photo 32.** *Leymus*-halophytic-herb-*Stipa splendens* solonchak meadow on the terrace floodplain of the Orkhon River.



*Хозяйственное использование природных ресурсов.* В бассейне Байкала значительные площади коренных хвойных лесов подвергались пожарам и по большей части заменились вторичными мелколиственными (преимущественно берёзовыми) насаждениями (фото 33); особенно на хребтах к югу от Хамар-Дабана, северо-западу от Байкала, примыкающих к Баргузинской котловине, восточного Прихубсугулья, северо-восточных отрогов Хангая, западного Хэнтэя. Островные леса низкогорий Нижне-Орхонской депрессии, хребтов Бургут и Хустайн-Нуру, находящиеся на южной границе экологических возможностей произрастания, после пожаров часто из-за выпаса скота не могут сформировать даже вторичных древостоев (фото 34). На месте таёжных и подгольцовых лесов хр. Тарбагатай долгие годы остаются покрытые валежником каменистые россыпи, с разреженным ерником. На многих доступных для вырубki массивах сгоревших лесов (фото 35) ведутся масштабные лесозаготовки.



**Фото 33.** Производный молодой горный березняк (хр. Бутэлийн-Нуру).  
**Photo 33.** Secondary young mountain birch forest (Buteliin-Nuru Ridge).

Самые большие площади коренным образом изменённых природных экосистем возникли в результате распашки земель. В бассейне Байкала, где преобладает горный рельеф и горно-таёжные ландшафты расположенного в горной местности, преимущественно с таёжными, петрофитными степными и высокогорными ландшафтами, не так много территорий, пригодных для распашки под сельскохозяйственные культуры. В Бурятии и Забайкалье основные пахотные земли находятся в широких степных долинах Селенги и её главных притоков. В Монголии бассейн Селенги – главная житница страны. Пашни только Селенгинского аймака дают свыше половины урожая зерновых. Большие площади распаханы в аймаках Орхон, Дархан-Уул, Тов и в границах г. Улан-Батор. Здесь практикуется как богарное, так и орошаемое земледелие. Под пашни осваиваются главным образом выположенные степные предгорные шлейфы речных и сухих межгорных долин с тёмно-каштановыми, лугово-каштановыми и чернозёмными почвами и остепнённо-луговые участки речных террас (фото 36). В последние годы стали распахиваться все пригодные лугово-степные экотопы лесостепного пояса. Но часть распаханных территорий по разным причинам (нехватка воды для полива, частые засухи, опесчанивание и засоление

угодий) становятся залежами, без перспективы восстановления пашни в обозримом будущем. Значительные площади распаханых земель заброшены в маловодных засушливых сухостепных южных долинах Нижне-Орхонской депрессии и котловинах на юге бассейна Толы. Эоловыми песками занесена большая части пашни вместе с ветрозащитными лесополосами в Баргузинской котловине и районе Усть-Кирана.



**Фото 34.** Угнетённый выпасом низкорослый березняк с ивами (горы Бургут).  
**Photo 34.** Stunted birch forest with willows, suppressed by grazing (Burgut Mountains).



**Фото 35.** Многолетняя гарь на хр. Тарбагатай. **Photo 35.** Old burnt site on the Tarbagatai Ridge.





**Фото 36.** Пшеничные поля в долине Селенги (Монголия).

**Photo 36.** Wheat fields in the Selenga Valley (Mongolia).

В наше время на территории байкальского бассейна идёт бурный рост площадей городов и крупных посёлков России, и, особенно, в Монголии. Так с 1990 г. площадь Улан-Батор выросла вдвое (фото 37), Дархана – в 8 раз, Эрдэнэта – в 9 раз. Существенно увеличились площади и других городов, посёлков, сомонов. Очень активно идёт пригородное дачное строительство. В прибрежной зоне Байкала построены десятки новых туристических баз, кемпингов, пансионатов и зон отдыха, с соответствующей инфраструктурой. Такое же строительство ведётся в привлекательных для отдыха и туризма местностях на берегах Хубсугула, у Селенги и её притоков, вблизи Улан-Батора, на Хангае, у минеральных источников и исторических объектов.

В бассейне Байкала находится множество промышленных техногенных объектов. Самые значительные площади занимают предприятия по добыче полезных ископаемых: каменного и бурого углей, железной руды, цветных и редких металлов, стройматериалов, известняка, мрамора и золота. Десятки золотоносных приисков разбросаны по многочисленным горным долинам в России и в Монголии. Свыше 43 км долины среднего течения Толы превратились в сплошной рудник по добыче золота (фото 38).

В разные годы большие площади природных экосистем были нарушены при строительстве крупных автодорог и важнейших железнодорожных магистралей (Трассибирская, БАМ, Трансмонгольская и др.).

Большая часть не распаханых и не занятых техногенными и селитебными объектами степных и луговых экосистем используется в качестве кормовых угодий. В основном это пастбища, пригодные для посезонного выпаса скота в течение всего года. В первую очередь используются травостой долины, котловин и низкогорий (фото 39). На Хангае и в Прихубсугулье скот пасётся на высокогорных степях и кобрезиевых лугах (фото 40). Как правило, количество скота превышает ёмкость пастбищ, поэтому очень большие площади угодий находятся в состоянии сильной пастбищной дигрессии (Ecosystems ..., 2019). В Бурятии и Забайкалье, где площади пастбищ меньше, чем в Монголии, а значительная часть домашних животных находится на стойловом содержании, существенная доля кормовых угодий приходится на сенокосы. Выкашиваются пойменные и лесные луга, высокотравные участки остепнённых лугов и луговых степей. В Монголии сенокосов мало, места покосов и их площади непостоянны.



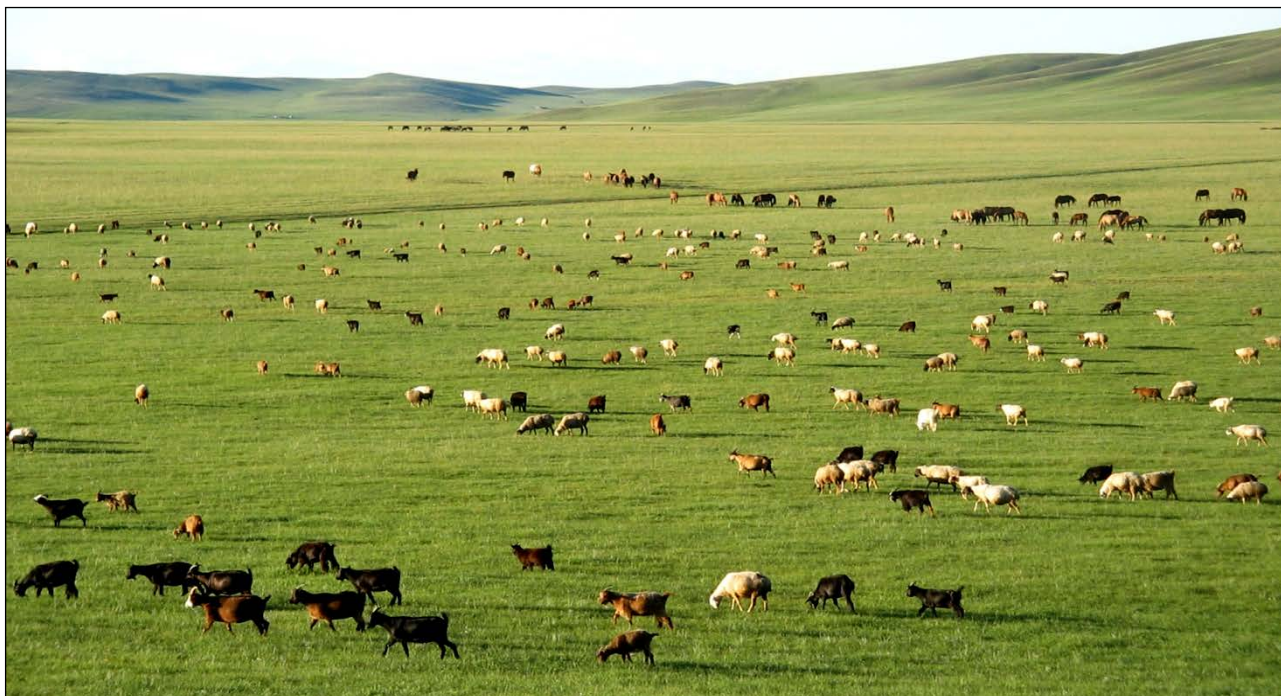


**Фото 37.** Современный Улан-Батор. **Photo 37.** Modern city of Ulaanbaatar.



**Фото 38.** Добыча золота разрушила природные экосистемы в долине р. Тола.  
**Photo 38.** Gold mining has destroyed natural ecosystems in the valley of the Tola River.





**Фото 39.** Предгорные пастбища на восточном Хангае (сомон Тэвшрулэх).  
**Photo 39.** Foothill pastures in the eastern Khangai Region (Tevshrulekh somon).



**Фото 40.** Выпас яков на высокогорных кобрезиевых лугах хр. Тарбагатай.  
**Photo 40.** Grazing yaks on the high-mountainous kobresia meadows on the Tarbagatai Ridge.

В бассейне Байкала создана обширная сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ): национальные парки (НП), заповедники (ЗАП), заказники и резерваты, памятники природы, имеющие статус ООПТ государственного и регионального значения. Площадь некоторых из них включает также земли сопредельных речных бассейнов. На территории России расположено 8 государственных ООПТ: в Иркутской области – НП «Прибайкальский», ЗАП «Байкало-Ленский»; в Бурятии – НП «Тункинский» и «Забайкальский», ЗАП «Джержинский», «Баргузинский» и «Байкальский»; в Забайкалье – НП «Чикой». Их общая площадь составляет 30763 км<sup>2</sup>.

В Монголии территория бассейна включает 12 государственных ООПТ: НП «Хубсугул», «Хорго-Тэрхийн-Цаган-Нуру», «Тарвагатайн-Нуру», «Хангайн-Нуру», «Ноён Хангай», «Туджин-Нурс», «Долина Орхона», «Хустайн-Нуру» и «Горхи-Тэрэлж»; ЗАП «Зад-Хэнтай-Бутэлийн-Нуру», «Их-Богд-Уул» и «Хан-Хэнтэй» (самая крупная ООПТ – 12270 км<sup>2</sup>).

В состав государственных ООПТ России и Монголии на территории бассейна Байкала входят ещё 27 природных заказников и резерватов (Савенкова, 2002).

### Создание карты экосистем оз. Байкал

*Принципы картографирования и исходные материалы.* Карта современных экосистем бассейна оз. Байкал создана камеральным путём методами экологического геоинформационного картографирования (ГК), которые предполагают автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС-технологий и географических информационных систем, включающих базы картографических данных и географических знаний (Берлянт, 1997). При экологическом ГК в качестве базовой карты рассматривается карта современных экосистем, с которой согласуются все остальные разрабатываемые карты (Бажа и др., 2013). Экологическое ГК, основывающееся на сумме географических и экологических знаний, включает анализ исходных карт, литературных и исследовательских фондовых материалов, комплекс разработки и составления карт с использованием данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) и ГИС-технологий.

*Исходные материалы.* Для территориального или регионального планирования мероприятий рационального природопользования и управления использованием воспроизводимых природных ресурсы наиболее востребованы тематические карты среднего уровня, т.е. масштабов от 1:100000 до 1:1000000, отвечающие задачам планирования рационального природопользования на региональном уровне. Тематические карты таких масштабов могут использоваться как для научно-прикладных исследований и прогнозирования возможного состояния природной среды при альтернативных воздействиях, так и для систематического регионального геоэкологического мониторинга состояния современных экосистем (Бажа и др., 2013).

Карты наземных экосистем предоставляют базовую информацию для изучения состояния природных ресурсов и разработки мероприятий по рациональному природопользованию.

При подготовке предварительной легенды карты современных экосистем бассейна оз. Байкал и целенаправленного дешифрирования материалов космической съёмки были использованы, кроме тематических литературных источников, разнообразные ранее созданные авторские картографические и полевые описательные материалы.

1. Опубликованные источники, содержащие мелко- и среднемасштабные региональные карты экосистем и растительности, в т.ч. ключевых участков, особо охраняемых природных территорий, районов (сомонов) и т.п. (Куминова и др., 1985; Чердонова, 2003; Экосистемы ..., 2005; Экологический ..., 2015; Софронов, 2015; Ecosystem ..., 2019; Савенкова, 2002).



2. Опубликованные материалы о почвенном покрове: Государственная почвенная карта СССР масштаба 1:1000000 (Рухович и др., 2013), региональные почвенные карты разных масштабов (Уфимцева, 1963; Цыбжитов, 1971; Национальный ..., 2011; Убугунов и др., 2012; Экологический ..., 2015) и другие публикации, посвящённые почвам Байкальского бассейна (Полевой ..., 2008; Хадбаатар, 2010; Лебедева и др., 2012; Убугунов и др., 2018).
3. Карты экосистем и антропогенной нарушенности экосистем (включая опубликованные) 13 модельных полигонов (в основном в масштабе 1:200000) и 19 ключевых участков (в масштабах 1:5000-1:10000), расположенных в различных частях бассейна Байкала на территории Монголии и Республики Бурятия в России.
4. Из фондовых материалов использовались разновременные авторские картографические произведения исследуемой территории.
5. Картографические данные уточнялись и дополнялись маршрутными авторскими описаниям участников многолетних полевых исследований СРМКБЭ РАН и АНМ.
6. Материалы дешифрирования рельефа бассейна по материалам ДЗЗ с использованием топографических карт масштабом 1:200000 и подготовленная на этой основе предварительная рабочая легенда карты экосистем.
7. Для дешифрирования экосистем и в качестве единой картографической основы использованы данные актуальной космической съёмки среднего и крупного пространственного разрешения, полученные с аппаратов Spot 6/7 и Landsat 8 (OLI), в том числе анализировались снимки с интернет-сайта Google.Earth (2022).

Использование новейшей дистанционной информации позволяет получить наиболее объективную картину современной пространственной структуры экосистем, их состояния и распределения антропогенных факторов дестабилизации экосистем (Бажа и др., 2013).

*Дешифрирование рельефа и подготовка цифровой контурной основы.* Поскольку исходные картографические материалы имели различные масштабы, то для подготовки легенды и создания рабочей версии среднемасштабной (1:500000) карты экосистем было необходимо, с учётом допустимых в картографии минимальных размеров контуров, выполнить графическую и смысловую дифференциацию содержания карт мелкого масштаба и генерализацию содержания карт более крупного масштаба.

Среднемасштабная карта должна выполнить задачу инвентаризации современных наземных природных и антропогенных экосистем бассейна Байкала и отразить большой объём разнообразной информации об их структуре, местоположении (в т.ч. в географических координатах), занимаемой площади, а также содержать сведения об основных компонентах ПТК: характере рельефа, экологических особенностях, почвенно-растительном покрове.

Разработка комплексной характеристики внутренней структуры современных экосистем при выполнении работ по геоинформационному картографированию опирается на анализ материалов предыдущих исследований изучаемой территории. Непосредственная подготовка контурной нагрузки базовых карт полностью основывается на материалах дистанционного зондирования, а любые данные ДЗЗ, используемые для целей экологического геоинформационного картографирования современных ландшафтов и экосистем, нуждаются в тематической интерпретации, т.е. в дешифрировании (Бажа и др., 2013).

Для отображения пространственной variability экосистем на основе дешифрирования была разработана цифровая слой-карта морфогенетических типов рельефа. С нашей точки зрения, именно структура рельефа, отображающая специфику его динамики, должна выступать в качестве одного из ключевых параметров для дифференциации ряда экологических факторов и почвенно-растительного покрова. Известно, что для отображения текущей гетерогенности экосистем (ландшафтов) наиболее значимым параметром рельефа является характер его влияния на вещественно-энергетические потоки (Арманд, 1975;

Дьяконов, Пузаченко, 2004). Именно выделение локусов рассеивания или аккумуляции вещества и энергии, а также степень мобилизации тех или иных продуктов функционирования экосистем, помогает сделать вывод о топо-динамическом состоянии экосистемы в целом и о возможности дальнейшего ее развития. В результате были выделены следующие основные параметры рельефа, выступающие в качестве картографических единиц.

- Места аккумуляции вещества и энергии, формирующиеся в замкнутых ложбинах (котловинах), днищах эрозионно-тектонических врезов с покатыми и плоскими склонами (крутизной до 9°). Выделение данных мест осуществлялось при помощи ряда инструментов Hydrology и Surfacea в программных пакетах ArcMap 10.6 и Saga Gis с использованием построенных цифровых моделей рельефа на основе открытых данных Геологической службы США (USGS, 2021). Для выделения областей аккумуляции использовались индексы TWI (Topographic Wetness Index) и TPI (Topographic Position Index), функция Sink, дополнительный модуль Slope Position Classification и построенные растры тальвегов при помощи инструментов Hydrology (Moore et al., 1991; Sørensen et al., 2006; Ma et al., 2010; Kopecký, Čížková, 2010; Rózycka et al., 2017; Кесель и др., 2019).

- Места изначального рассеивания вещественно-энергетических потоков. В качестве таких мест выступают привершинные поверхности (гребни). Выделение гребней и прилегающих к ним областей осуществлялось при помощи индекса TPI (Topographic Position Index) и модуля Slope Position Classification (Weiss, 2000; Tağıl, Jenness, 2008; Mokarram et al., 2017).

- Положения транспорта вещества – участки рельефа крутизной более 4°. Для отображения характера транспорта вещества склоны были разбиты на несколько групп: очень пологие и пологие (до 8°); средней крутизны и покатые (8-15°); крутые (до 30°) и очень крутые (более 30°).

- Места аккумуляции и квазиаккумуляции вещества, приуроченные к рекам (поймы и террасы).

Помимо выделения динамической составляющей было важно также отобразить уровни рельефа и степень гетерогенности его составных морфологических частей, то есть характер расчлененности. Анализируя структуру графика распределения высот по территории бассейна оз. Байкал, были выделены три высотных пояса (второй цифровой блок карты): 1500 м н.у.м. БС и ниже, 1501-2000 м н.у.м. БС и выше 2000 м н.у.м. БС. По характеру расчлененности (вертикальной и горизонтальной) вышеописанные картографические единицы (кроме пойм и террас по причине их небольшой ширины для детальной дифференциации в масштабе 1:500000) были поделены на три категории: мелкорасчлененные, среднерасчлененные, сильно- и очень сильнорасчлененные. В итоге был выделен 31 морфогенетический тип рельефа (табл. 1). Цифровая слой-карта морфогенетических типов рельефа стала контурной основой (картографическим каркасом) для создания карты экосистем.

При работе над картой экосистем Байкальского бассейна в процессе дешифрирования космических снимков фиксировались не только формы рельефа, но также отмечались все особенности экологического строения территории на момент съёмки, которые позволяла увидеть разрешающая способность фотокамеры, и антропогенные объекты. В дальнейшем, при сравнении полученной информации с картографическими материалами прошлых лет, выявлялись произошедшие изменения природной ситуации, которые затем были учтены при составлении карты. В первую очередь – это расширение или возникновение новых объектов техногенного характера: добычи полезных ископаемых, строительства, транспортных путей, населённых пунктов, вырубок и распаханных территорий под сельскохозяйственные культуры, лесопосадки и т.д. На снимках читались также масштабные изменения природного



происхождения – обвалы, оползни, смещение береговой линии озёр и рек, а также природно-антропогенного – лесные гари, очаги водной и ветровой эрозии. Такие нарушения целостности экосистем носят, в большинстве случаев, необратимый характер, поскольку полностью меняют все природные составляющие наземной экосистемы: рельеф, гидрологический режим, структуру почв и подстилающих пород, растительный покров, и приводят к кардинальной смене экосистем.

**Таблица 1.** Морфогенетические типы рельефа бассейна оз. Байкал. **Table 1.** Morphogenetic types of relief of the Baikal Lake basin.

Ключ	Значение
1	Речные поймы и 1-я приозерная терраса
2	Речные террасы, 2-я и 3-я приозерные террасы
3	Субаэральные дельты
4	Подгорные шлейфы, конусы выноса, пролювиальные валы
5	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
6	Среднерасчлененные (100-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
7	Сильнорасчлененные (231-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
8	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
9	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
10	Сильнорасчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
11	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) нижнего гипсометрического уровня (до 1500 м н.у.м. БС)
12	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
13	Среднерасчлененные (100-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
14	Сильно расчлененные (231-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
15	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
16	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
17	Сильнорасчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
18	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) среднего гипсометрического уровня (1500-2000 м н.у.м. БС)
19	Слаборасчлененные (глубиной до 100 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (свыше 2000 м н.у.м. БС)

## Продолжение таблицы 1.

Ключ	Значение
20	Среднерасчлененные (101-230 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15 град) верхнего гипсометрического уровня (свыше 2000 м н.у.м. БС)
21	Сильнорасчлененные (231-420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (свыше 2000 м н.у.м. БС)
22	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) покатые и средней крутизны склоны (до 15°) верхнего гипсометрического уровня (свыше 2000 м н.у.м. БС)
23	Среднерасчлененные (100-230 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (более 2000 м н.у.м. БС)
24	Сильнорасчлененные (231-420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (более 2000 м н.у.м. БС)
25	Очень сильнорасчлененные (более 420 м) крутые и очень крутые склоны (более 15°) верхнего гипсометрического уровня (более 2000 м н.у.м. БС)
26	Днища эрозионной сети, не относящиеся к современной гидросети
27	Привершинные поверхности нижнего гипсометрического уровня
28	Привершинные поверхности среднего гипсометрического уровня
29	Привершинные поверхности верхнего гипсометрического уровня
30	Днища горных долин (высотой до 3 м)
31	Межгорные котловины, сильно замкнутые депрессии

*Подготовка цифрового слоя «Почвы».* Третьим крупным блоком цифровой карты экосистем выступает почвенный покров территории. Слой «Почвы» для монгольской части бассейна был подготовлен на основе карты почв бассейна оз. Байкал масштаба 1:5000000 (Почвы, 2015). Почвы российской части бассейна были получены на основании интерполяции почвенных карт из «Национального атласа почв Российской Федерации» (2011) на соответствующие субъекты в масштабе 1:2500000. Интерполирование почвенного покрова для некоторых типов и подтипов почв производилось на основании общих закономерностей формирования почвенного покрова на данной территории (Убугунов и др., 2018), уточнялось и дополнялось на основе архивных и многолетних данных полевого изучения почвенного покрова в СРМКБЭ РАН и АНМ, а также уже опубликованных монографий и статей. Характеристика почв была переклассифицирована согласно современной классификации почв России (Шишов и др., 2004). Большая протяженность территории бассейна оз. Байкал с юга на север предопределяет широтно-зональные смены почвенно-растительного покрова. При продвижении с запада на восток трансформации во многом связаны с влиянием экосистем сопредельных территорий, изменениями степени континентальности и аридности климата. Преобладание горных ландшафтов отражается в высотно-поясных и экспозиционных различиях растительности и почв, во влиянии на их распределение котловинного эффекта и многообразия экологических условий. Существенна также роль мерзлоты, характера почвообразующих пород, эволюции ландшафтов в историческом масштабе и их изменений в результате антропогенного воздействия. Комбинации почв, объединенных практически в каждом контуре цифрового слоя «Почвы», напрямую связаны с высотной и экспозиционной дифференциацией и определяются характером мезо- и микрорельефа, а также



неоднородностью почвообразующих пород. Большинство почв выделяется на уровне типа, реже подтипа согласно современной классификации почв для территории России и Монголии (Шишов и др., 2004; Полевой ..., 2008; Убугунов и др., 2012). Классификация почв бассейна Байкала приведена в таблице 2.

**Таблица 2.** Легенда-расшифровка к карте «Экосистемы бассейна оз. Байкал» для почв.  
**Table 2.** Soils legend for the map «Ecosystems of the Baikal Basin».

Ключ	Значение
1	Литоземы и петроземы в сочетании с криоземами и подбурами
2	Литоземы с петроземами
3	Крио-литоземы грубогумусовые с глееземами и подбурами
4	Крио-литоземы перегнойно-темногумусовые в сочетании с глееземами
5	Литоземы темногумусовые в сочетании с серогумусовыми литоземами
6	Глееземы и торфяно-глееземы
7	Торфяно-глееземы и торфяно-литоземы
8	Карбо-литоземы темногумусовые в сочетании с карболитоземами перегнойно-темногумусовыми
9	Карбо-литоземы перегнойные в сочетании с карбо-литоземами темногумусовыми
10	Перегнойно-темногумусовые и перегнойно-метаморфические
11	Криоземы в сочетании с подбурами
12	Торфяно-криоземы в сочетании с торфяно-подбурами
13	Подбуры типичные и грубогумусированные почвы в сочетании с дерново-подбурами и торфяно-подбурами
14	Подбуры оподзоленные и подбуры иллювиально-железистые
15	Подбуры и буроземы грубогумусовые в сочетании с дерново-подбурами оподзоленными
16	Подбуры и подзолы в сочетании с дерново-подзолами
17	Буроземы грубогумусовые в сочетании с темногумусовыми остаточнокarbonатными
18	Дерново-подзолы и подзолы в сочетании с дерново-подзолистыми
19	Дерново-подбуры с дерново-подбурами оподзоленными
20	Темногумусовые типичные в сочетании с темногумусовыми метаморфизированными
21	Темногумусовые метаморфизированные в сочетании с темногумусовыми глееватыми
22	Светлогумусовые с каштановыми
23	Темногумусовые остаточнокarbonатные в сочетании с черноземами дисперсно-карбонатными
24	Горные черноземы дисперсно-карбонатные маломощные щебнистые в сочетании с маломощными щебнистыми черноземами
25	Горные темно-каштановые маломощные щебнистые в сочетании с темно-каштановыми

## Продолжение таблицы 2.

Ключ	Значение
26	Горные каштановые маломощные щебнистые в сочетании с каштановыми
27	Подзолы и дерново-подзолы
28	Дерново-подзолистые и подзолистые
29	Слабо-подзолистые боровые пески в сочетании со слабоподзоленными песчаными почвами
30	Дерново-подзолы глеевые в сочетании с дерново-подзолисто-глеевыми
31	Дерново-подбуры и серые метаморфические в сочетании с подбурами грубогумусированными
32	Дерново-подбуры и псамоземы гумусовые в сочетании с подбурами
33	Темносерые и темносерые метаморфические
34	Серые метаморфические и серые
35	Гумусово-гидрометаморфические в сочетании с темногумусовыми
36	Перегноино-глеевые и перегноино-квазиглеевые
37	Черноземы квазиглеевые и черноземы гидрометаморфизированные
38	Черноземовидные в сочетании с темногумусовыми метаморфизированными
39	Черноземы дисперсно-карбонатные в сочетании с черноземами гидрометаморфизированными
40	Темно-каштановые и темно-каштановые турбированные
41	Каштановые и каштановые маломощные
42	Каштановые гидрометаморфизированные в сочетании с каштановыми турбированными
43	Торфяные эутрофные в сочетании с гумусово-гидрометаморфическими и перегноино-гидрометаморфическими
44	Аллювиально-серогумусовые и темногумусовые
45	Солончаки и солонцы в сочетании со светлогумусовыми засоленными и каштановыми солонцеватыми
46	Гумусово-гидрометаморфические засоленные в сочетании с гумусово-гидрометаморфическими солонцеватыми
47	Пески
48	Агроземы (агровариант естественной почвы)
49	Урбанозем
50	Урбохемозем
51	Рекультоземы

*Растительность и разработка легенды к карте экосистем.* Известно, что рельеф выступает в роли независимого или слабозависимого компонента в составе наземных экосистем. Почвенный покров формируется в конкретных зональных и высотно-поясных условиях климата, на определённых формах рельефа, в результате взаимодействия почвообразующих пород, почвенной биоты, грунтовых вод и под многолетним влиянием развивающейся на нём растительности. Состав и структура растительного покрова отражает влияние и взаимосвязь всех компонентов ландшафта. Растительность наиболее динамична и



чувствительна к изменениям состояния других составляющих экосистемы, к нарушениям природного баланса. По изменениям растительного покрова можно проследить даже тонкие фазы перемен в состоянии экосистемы. В условиях Байкальского региона основными факторами изменений состояния растительного покрова (исключая разрушительные для природных комплексов техногенные и селитебные), являются чрезмерные пастбищные нагрузки на травяные сообщества и пирогенное воздействие на лесную растительность. В связи с этим, использование при ГК экосистем в качестве исходных картографических материалов, наряду с картами экосистем, геоботанических карт (растительности, лесов, природных кормовых угодий) целесообразно, так как в большинстве случаев в легендах к этим картам для выделяемых растительных сообществ или их сочетаний (комплексов) указываются типичные для них местообитания – приуроченность к определённой широтной зоне (высотному поясу), формам рельефа, экологическим особенностям (засолённость, опесчаненность, повышенное увлажнение, наличие мерзлоты, каменистость и т.п.), типы почв и подстилающих пород.

На картах природных кормовых угодий тип кормового угодья (и таксоны более высокого ранга) является разновидностью наземной экосистемы в границах сельскохозяйственных земель, поскольку представляет собой единство топо-экологических условий местообитаний и приуроченных к ним растительных сообществ (Общесоюзная ..., 1982). На картах лесов также каждый тип леса приурочен к определённому типу лесорастительных условий (Колесников, 1956), что позволяет достаточно полно охарактеризовать лесную экосистему.

Как правило, на геоботанических картах среднего и мелкого масштабов контуры растительности охватывают значительные территории, представленные сочетаниями гетерогенных форм рельефа и почвенно-экологических условий и, соответственно, сочетаниями различных растительных сообществ, имеющих отдельные таксоны в легенде. Либо контуры включают обширные однородные экотопы с комплексной растительностью в ранге конассоциации, т.е. относящейся к совокупности длительно существующих растительных сообществ, принадлежащих к одной или группе близких ассоциаций, состоящих в комплексе с близкими сообществами прогрессивных, демутиационных или дигрессивных серий; все они могут сочетаться с интразональными сообществами.

Конассоциация объединяет растительные сообщества, развивающиеся в рамках одного и того же типа условий развития растительности (Быков, 1978). Один тип условий развития растительности объединяет местообитания, обладающие сходными экологическими потенциями и, в силу этого, обеспечивающие сравнительно одинаковый характер возрастных, дигрессивных, демутиационных и антроподинамических смен растительности. (Курочкина и др., 1977). Сходство понятий тип кормового угодья, тип леса, и конассоциация по отношению к топо-экологическим условиям (Петухов, 1984), во многом облегчает сопоставление легенд средне- и мелкомасштабных геоботанических карт различных тематических направлений.

Таким образом, по имеющимся легендам к геоботаническим картам можно с высокой степенью достоверности определить к каким экосистемам относятся те или иные выделы этих карт, увязать между собой содержание легенд, построить легенду к среднемасштабной карте экосистем на всю территорию бассейна оз. Байкал.

В результате дешифрирования актуальных материалов ДЗЗ в масштабе 1:500000 и с помощью исходной геоботанической информации была составлена рабочая карта растительности бассейна оз. Байкал и легенда к ней с указанием приуроченности растительности каждого таксона к топо-экологическим условиям. Всего легенда карты растительности содержит 67 типов мезокомбинаций растительных сообществ.

На основе этой легенды, с помощью легенд к исходным тематическим картам

(рельефа и почв) и анализа содержания карт модельных полигонов и ключевых участков, разработана легенда к карте экосистем бассейна оз. Байкал масштабом 1:500000, состоящая из 71 таксона, включая 67 таксонов природных экосистем и 4 антропогенных.

При разработке легенды к среднемасштабной карте экосистем, в первую очередь, проводилось разделение экосистем по высотным поясам и подпоясам в экологических группах автоморфного и гидроморфного генезиса. Всего на территории бассейна Байкала выделено 4 высотных пояса: высокогорный с 4 подпоясами (субнивальный, тундровый, высокогорных криофильных лугов и степей, подгольцовый), таёжный с 3 подпоясами (северотаёжный, среднетаёжный, южнотаёжный), лесостепной и степной. Обособленной группой в легенде представлены антропогенные экосистемы.

Экосистемный покров бассейна представлен сложными сочетаниями высотно-поясных устойчивых природных климаксовых экосистем и дестабилизированных экотонных, развитых на переходных территориях между экологически различными участками. На картах среднего масштаба (в нашем случае – 1:500000) наиболее реально отображаются экотоны региональные с мезоэкосистемами на гетерогенных мезоморфах рельефа и локальные с моноэкосистемами на элементарных формах рельефа (Бажа и др., 2013).

В мезоэкосистемах региональных экотонов растительность представлена сочетаниями и комплексами ассоциаций (конассоциаций) или их групп. Например, на альпинотипном рельефе высокогорий, где сочетаются различные формы ледникового рельефа (обрывистые скалы, кары, цирки, каменистые россыпи и др.), сформировалось сложное сочетание тундровых, криофильно-луговых, кедровостланиковых, ерниковых сообществ, нивальных луговин, группировок петрофильных накипных лишайников.

Растительный покров в моноэкосистемах локальных экотонов может быть менее сложным и включать простые конассоциации (например, разной степени антропогенной деградации мезофильные луга центральной поймы крупных рек, с участием болотистых лугов и ивняков в микропонижениях старых русел) и микроряды фитоценозов на экотонных участках, где идёт быстрое изменение степени действия ведущего экологического фактора: микропоясные ряды (например, в приозёрных понижениях и замкнутых переувлажнённых или засоленных депрессиях) и серийные ряды (например, в поймах небольших рек или на локальных массивах эоловых песчаных отложений).

Один таксон готовой легенды карты экосистем, может включать близкие по составу растительные сообщества или их типичные для байкальского региона сочетания (или комплексы), формирующиеся в сходных топо-экологических условиях. В связи со сложностью пространственной структуры растительного покрова и экосистем в целом, сочетания и комплексы растительных сообществ, наиболее характерные для того или иного типа растительного покрова или местности, используются практически во всех таксонах легенды.

Часто в один таксон объединяются фитоценозы, основные ценозообразующие доминанты которых являются разными видами одного рода, относящихся к аналогичным экоморфам и близких по своему отношению к условиям местообитаний, например, *Dryas oxyodonta* и *D. octopetala* (в горных щебнистых тундрах) или *Larix sibirica* и *L. gmelinii* (в светлохвойных таёжных лесах среднегорий) – это пары видов, доминирующих в сообществах, относящихся к различным региональным ботаническим формациям.

*Создание карты экосистем.* Подготовленная легенда явилась тематической основой цифровой карты экосистем бассейна оз. Байкал. Картографическая основа – это материалы предварительного дешифрирования рельефа, экологических условий и антропогенных экосистем. В процессе создания карты экосистем проведена интерпретация фотоизображения материалов ДЗЗ на основе разработанной легенды, с привлечением



имеющихся исходных данных, и заполнение контуров материалов предварительного дешифрирования информацией об экосистемах, приуроченных к этим контурам, в соответствии с легендой. При необходимости (при наличии нужной информации на исходных картографических материалах) проводилась корректировка границ эколого-топографических контуров или нанесение дополнительных контурных границ.

Построение итоговой пространственной карты экосистем основывалось на уже известных и наиболее распространенных методах картографирования в ландшафтной экологии (Исаченко, 2016; Колбовский, 2016; Старожилов, 2018). В процессе создания карты экосистем оз. Байкал для отображения экосистемного разнообразия территории были скомбинированы между собой контуры карт растительного покрова и рельефа территории, а затем наложены контуры карты почв на уже имеющийся растительно-рельефный рисунок, без изменения при этом общего плана строения контуров.

В итоге было получено более 8 тысяч выделов (контуров). При этом практически каждый выдел карты, установленный масштаб картографирования которой составляет 1:500000, представлен сочетаниями почвенно-растительного покрова на конкретных морфогенетических типах рельефа.

В дальнейшем, в подготовленную электронную базу данных (БД), кроме информации по карте экосистем бассейна, были включены пространственные данные экосистем и сведения о степени их антропогенной нарушенности для ранее созданных авторами 9 модельных полигонов (масштаб 1:100000-1:200000) и 9 ключевых участков (масштаб 1:5000-1:10000), а также 1757 геоботанических описаний (Бажа и др., 2021; рис. 2, табл. 3).

### Пространственная база данных

*Назначение базы данных.* Новая пространственная база данных в картографическом и карто-схематическом виде визуализирует для пользователя данные, полученные и получаемые в ходе комплексных биологических исследований территории бассейна оз. Байкал. Она предоставляет пользователю возможности для просмотра, аннотации и предварительного анализа пространственных данных, а также сопутствующей этим данным атрибутивной информации (в том числе метаданные). По дополнительному запросу пользователи могут осуществить полное копирование и обработку материала на собственном компьютере. Новая база данных может эффективно использоваться при решении различных задач в области экологии, охраны природы, изучения ландшафтного и биологического разнообразия, картографии, географии, ландшафтного планирования, в том числе и самого озера Байкал.

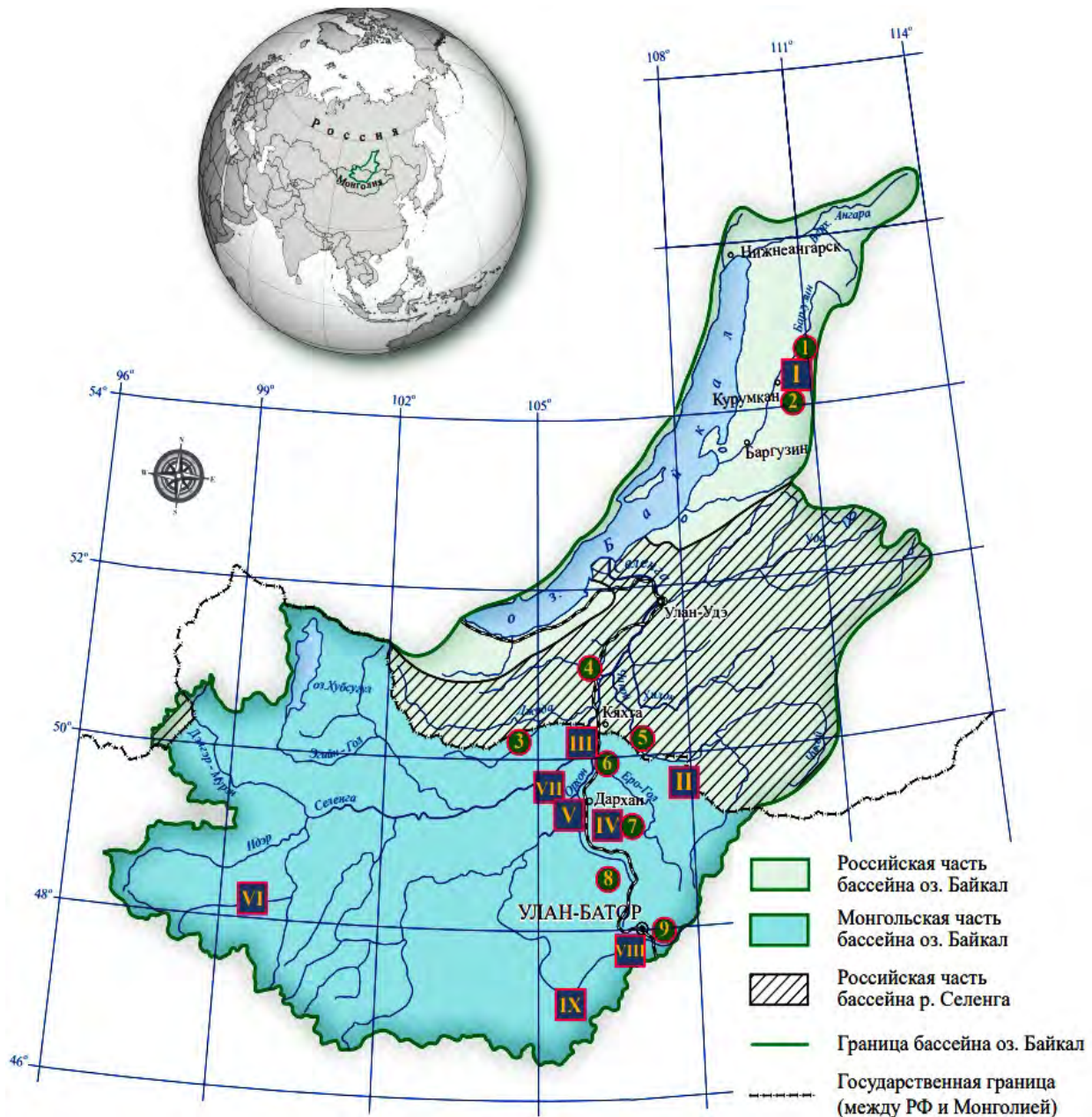
Помимо данных об экосистемном устройстве, база данных содержит пополняющуюся и обновляемую информацию о структуре и свойствах отдельных компонентов экосистем, создающих экологические условия, в которых формируются экосистемы. Так, например, в базе уже имеются данные точечных геоботанических описаний на значительную территорию бассейна. К настоящему времени объем базы данных (БД), выраженный количеством заполненных ячеек атрибутивной информации, превышает 3.5 млн. цифровых и текстовых записей.

База данных предназначена для решения следующих задач:

- изучения экосистемного (ландшафтного) устройства бассейна оз. Байкал на разных уровнях организации ПТК;
- выявления основных направлений трансформации ПТК и возможных причин и механизмов их возникновения;
- прогнозирования и предотвращения нежелательных трансформаций экосистем;
- поиска путей и способов сокращения негативных последствий антропогенной

трансформаций ПТК с учетом локальных и региональных механизмов структурно-функционального устройства экосистем.

Построенная БД позволяет просматривать, анализировать и дополнять данные о ландшафтно-экологическом пространстве бассейна оз. Байкал, на разных уровнях организации. Под ландшафтно-экологическим пространством понимается совокупность экологических условий, формирующих структуру и обеспечивающих функционирование ПТК, которые могут быть представлены в базе данных в виде растров и векторов, визуализированных в картографическом виде, и тем самым создающих как пространственные поля определенного фактора, так и всю совокупность ПТК.



**Рис. 2.** Расположение модельных полигонов и ключевых участков в бассейне оз. Байкал.<sup>2</sup>  
**Fig. 2.** Location of model polygons and key areas in the Baikal Lake basin.

<sup>2</sup> Расшифровка индексов и характеристики МП и КУ даны в таблице 3.



**Таблица 3.** Ландшафтно-экологические характеристики модельных полигонов (МП) и ключевых участков (КУ) бассейна оз. Байкал. **Table 3.** Landscape and ecological characteristics of the model polygons (MP) and the key areas (KY) of the Baikal Lake basin.

Название объекта (административное положение)	Площадь (км <sup>2</sup> ) / масштаб	Положение в системе ландшафтного районирования	Название ландшафта
<b>I. МП «Баргузин»</b> (Бурятия, Курумканский район)	1057.2 / 1:200000	Прибайкальская горно-таежная и котловинная про- винция. Байкало- Джугджурская горно-таежная область	Предгорно-котловинный лесостепной с сосновыми лесами и разнотравно-злаковыми степями и залежами
1. КУ «Верхний Куйтун» (Бурятия, Курумканский район)	0.5 / 1:5000		
2. КУ «Ина» (Бурятия, Баргузинский район)	0.5 / 1:5000		
3. КУ «Зэлтэр» (Монголия, Селенгинский аймак)	2.1 / 1:10000	Джидинско-Хамар- Дабанская горно- таежная и котло- винная провинция. Южно-Сибирско- Хангай-Хэнтэйская горная область	Низкогорный лесостепной с лиственничными и производными лесами
4. КУ «оз. Гусиное» (Бурятия, Селенгинский район)	364.1 1:10000	Селенгинско- Орхонская котловинно- среднегорная провинция. Южно- Сибирско-Хангай- Хэнтэйская горная область	Низкогорно-долинный лесостепной с сосновыми лесами, разнотравно- злаковыми степями, пойменными лугами и богарными (пахотными и залежными) землями
5. КУ «Усть-Киран» (Бурятия, Кяхтинский район)	125.5 / 1:10000		
<b>II. МП «Худэр»</b> (Монголия, Селенгинский аймак)	2660 / 1:200000		
<b>III. МП «Шамар – Дзун- Бурэн»</b> (Монголия, Селенгинский аймак)	779.1 / 1:200000		
6. КУ «Шамар» (Монголия, Селенгинский аймак)	52.7 / 1:10000		
7. КУ «Шарын-гол» (Монголия, аймак Дархан-Уул)	29.1 / 1:50000		
<b>IV. МП «Шарын-гол»</b> (Монголия, аймак Дархан-Уул)	623.4 / 1:200000		
<b>V. МП «Салхит»</b> (Монголия, Селенгинский и Дархан-Уул аймаки)	755.2 / 1:200000		
8. КУ «Борнур» (Монголия, Тов аймак)	0.45/ 1:5000	Низкогорный лесостепной	
<b>VI. МП «Тариат»</b> (Монголия, Архангайский аймак)	1024 / 1:200000	Хангайская нагорная горно- таежная и горно- луговая сухостепная провинция. Южно-Сибирско- Хангай-Хэнтэйская горная область	Высокогорно-котловинный гольцово-лесостепной с лиственничниками, разнотравно-злаковыми степями, криофильными лугами, тундрами, ерниками, петрофильными кустарниками на лавовых потоках

## Продолжение таблицы 3.

Название объекта (административное положение)	Площадь (км <sup>2</sup> ) / масштаб	Положение в системе ландшафтного районирования	Название ландшафта
<b>VII. МП «Сант»</b> (Монголия, Селенгинский аймак)	1387 / 1:200000	Селенгинско- Орхонская котловинно- среднегорная провинция. Южно- Сибирско-Хангай- Хэнтэйская горная область	Горнотаёжно-долинно-степной с лиственничниками, горными луговыми степями, умеренно-сухими и сухими предгорными степями, остепнёнными и мезофильными луговыми поймами
9. КУ «Налайх» (Монголия, Тов аймак)	28.4 / 1:10000	Онон-Хэнтэйская котловинно-горно- таежная провинция. Южно-Сибирско- Хангай-Хэнтэйская горная область	Среднегорно-котловинный лесостепной с лиственничниками и осиново-березовыми сильно нарушенными лесами, кустарниковыми зарослями, разнотравными лугами и разнотравно-злаковыми степями
<b>VIII. МП «Сэргэлэн»</b> (Монголия, Тов аймак)	920.2 / 1:200000		
<b>IX. МП «Унджул»</b> (Монголия, Тов аймак)	1651.75/ 1:200000	Селенгинско- Орхонская котловинно- среднегорная провинция. Южно- Сибирско-Хангай- Хэнтэйская горная область	Низкогорно-сопочный с фрагментами лесостепи и равнинный сухостепной

*Структура и краткое содержание электронных слоёв базы данных.* Самый верхний уровень электронной БД представлен картой «Экосистем бассейна оз. Байкал» в масштабе 1:500000 и отображает современную структуру ПТК бассейна; средний и нижний уровни БД представляют «Полигоны крупномасштабного картографирования», соответственно: модельные полигоны, созданные в масштабах 1:100000-1:200000 и ключевые участки – в масштабах крупнее 1:100000. При этом, все уровни интегрированы в единую систему, что способствует изучению структурно-функционального устройства ПТК одной и той же территории сразу на нескольких уровнях их организации.

База данных «Экосистемы бассейна оз. Байкал» состоит из трех основных типов данных: «Группа ресурсов», «Справочники» и «Веб-карта», а также двух дополнительных: «Векторы» и «Растры».

Тип данных «Группа ресурсов» представляет собой набор отдельных функциональных слоев-карт и справочного материала к ним, сортированных по папкам, то есть имеющих древовидную структуру. Верхний уровень содержит две папки. Первая папка «Полигоны крупномасштабного картографирования» содержит все карты экосистем и справочные материалы (легенды, описания, ссылки и т.д.) по модельным полигонам и ключевым участкам. Методика создания крупномасштабных полигонов и участков, детальное их описание представлены в предыдущих работах авторов (Бажа и др., 2018, 2021). В базе данных карты экосистем полигонов и ключевых участков представлены в виде векторных слоев.

Папка «Экосистемы бассейна оз. Байкал» включает набор карт экосистем бассейна в



масштабе 1:500000 и справочных материалов к ним, упорядоченных по административно-территориальным единицам на уровне административных районов в РФ и сомонов в Монголии. Справочный материал содержит ссылки на файлы, содержащие анализ пространственной структуры определенного региона.

Конечным уровнем данного типа данных «*Группы ресурсов*» являются векторные слои, которые и представляют карты экосистем. Использование данного типа ресурсов необходимо для загрузки и копирования векторных слоев просматриваемой единицы. Полный доступ к загрузке векторных слоев открыт для пользователей, которые обратились к администратору по электронному адресу, указанному на стартовой странице базы данных в разделе «Описание».

Тип данных «*Справочники*» представляет собой вложенные базы данных, содержащие два элемента: собственно справочник и описание к нему. Основное назначение такого справочника – информационное. Пользователю доступны расшифровки к легендам отдельных слоев. Элемент «Описание» содержит иную информацию справочного характера (методику и методологию построения, ссылки на источники информации, анализ данного слоя и т.д.).

Тип данных «*Веб-карта*» представляет собой отдельную пространственную базу данных, отраженную в картографическом виде. Она содержит набор картографических материалов иерархически организованных, одновременно доступных и управляемых для пользователя. Получение справочной информации о слое или ином типе данных, а также метаданных об отдельных просматриваемых картографических единицах (отдельных экосистемах) осуществляется из управления всей «Веб-картой» (кнопка Слой ▼). Данный элемент для более удобного использования настроен только на работу с типом «*Векторный слой*». Одновременно под управлением данного элемента может находиться до 20 векторных слоев.

### Заключение

Разработанная пространственная база данных представляет собой картографический веб-сервис и предназначена для использования на любых персональных компьютерах, рабочих станциях, ноутбуках, планшетах, смартфонах работающих на ОС Windows 2000/XP /2003/2008 /Vista/7/8/10/11 и Android, в том числе мобильных ОС, имеющих доступ в интернет. База данных объемом более 5 Гб, имеющая свыше 3.5 млн. заполненных ячеек атрибутивной информации<sup>3</sup>. Адрес базы данных: <https://mon-exp.nextgis.com/resource/> (ГИС «Экосистемы бассейна оз. Байкал», 2022).

БД построена на платформе и серверах компании Next-GIS (Москва) на контрактной основе, но полностью администрируется сотрудниками лаборатории Экологии аридных территорий Института проблем экологии и эволюции РАН (соавторами БД). Разработанная БД представляет собой картографический веб-сервис, в который интегрированы все карты, поименованные выше. Любой пользователь имеет доступ ко всей БД сразу (все данные, интегрированные в веб-карту «Экосистемы бассейна оз. Байкал»), где он сможет просматривать и аннотировать данные, а также к отдельным картографическим единицам (папка «Карта экосистем бассейна оз. Байкал»).

Для получения полного доступа к данным пользователю необходимо обратиться по указанному в базе почтовому адресу для прохождения верификации пользователя. Подробная инструкция по работе с БД встроена в ее описание, которое находится на стартовой странице базы.

<sup>3</sup> Так как база данных динамично пополняется как элементарно (дополнения к уже существующим слоям-картам), так и структурно (добавление новых карт-слоев), здесь представлено описание содержания базы по состоянию на конец января 2022 г.

*Финансирование.* Исследование выполнено в рамках Научной программы деятельности Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ в области долговременных исследований по биологии и экологии, а также поддержано грантами РГО-РФФИ (№ 13-05-41266) и РФФИ (№ 17-29-05019).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

## REFERENCES

1. Антропогенная трансформация природных систем и социально-экономические последствия в бассейне р. Селенги. 2012 / Ред. Б.Л. Раднаев. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. 260 с.
2. Арманд А.Д. 1975. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука. 126 с.
3. Бажга С.Н., Андреев А.В., Богданов Е.А., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Петухов И.А., Рупышев Ю.А., Убугунова В.И., Иванов Л.А., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г. 2021. Причинно-следственный анализ деградации экосистем бассейна Байкала на основе долговременного мониторинга сети модельных полигонов // Аридные экосистемы. Т. 21. № 2 (87). С. 11-24. [Bazha S.N., Andreev A.V., Bogdanov E.A., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Petukhov I.A., Rupyshev Yu.A., Ubugunova V.I., Ivanov L.A., Khadbaatar S., Tsyrempilov E.G. 2021. Analysis of the Cause and Effect of Ecosystem Degradation in the Lake Baikal Basin Based on Long-Term Monitoring in the Network of Model Polygons // Arid Ecosystems. Vol. 11. No. 2. Pp. 124-134.]
4. Бажга С.Н., Востокова Е.А., Гунин П.Д., Дугаржав Ч., Данжалова Е.В., Воробьев К.А., Прищепина А.В., Петухов И.А. 2013. Геоинформационное картографирование наземных экосистем бассейна Селенги на примере модельных участков (методические рекомендации). М.: Россельхозакадемия. 109 с.
1. Anthropogenic transformation of natural systems, and socio-economic consequences in the basin of the Selenga River [*Antropogennaya transformatsiya prirodnikh sistem i sotsial'no-ekonomicheskiye posledstviya v basseynе r. Selengi*] / ed. B.L. Radnaev. Ulan-Ude: Publishing House of BGU, 2012:260.
2. Armand AD. Information models of natural complexes [*Informatsionnyye modeli prirodnikh kompleksov*]. Moscow: Nauka, 1975:126.
3. Bazha SN, Andreev AV, Bogdanov EA, Danzhalova EV, Drobyshev YuI, Petukhov IA, Rupyshev YuA, Ubugunova VI, Ivanov LA, Khadbaatar S, Tsyrempilov EG. Analysis of the Cause and Effect of Ecosystem Degradation in the Lake Baikal Basin Based on Long-Term Monitoring in the Network of Model Polygons [*Prichinno-sledstvennyy analiz degradatsii ekosistem basseyna Baykala na osnove dolgovremennogo monitoringa seti model'nykh poligonov*] *Arid Ecosystems*. 2021;21(2):11-24.
4. Bazha SN, Vostokova EA, Gunin PD, Dugarzhav Ch, Danzhalova EV, Vorobyov KA, Prishchepa AV, Petukhov IA. Geoinformation mapping of terrestrial ecosystems of the Selenga basin on the example of model sites (methodological guidelines) [*Geoinformatsionnoye kartografirovaniye nazemnykh ekosistem basseyna Selengi na primere model'nykh uchastkov (metodicheskiye rekomendatsii)*]. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2013:109.
5. Bazha SN, Danzhalova EV, Drobyshev YuI, Khadbaatar S. Transformation of terrestrial ecosystems in the southern part of the Baikal basin [*Transformatsiya nazemnykh ekosistem yuzhnoy chasti basseyna Baykala*]. Moscow: KMK, 2018:402.
6. Belov AV, Sokolova LP, Tuvshintogtokh I. Vegetation [*Rastitel'nost'*]. Map, Scale 1:5000000 [*Karta*] *Ecological atlas of the*



5. Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С. 2018. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 402 с.
6. Белов А.В., Соколова Л.П., Тувшинтогтох И. 2015. Растительность. Карта. Масштаб 1:5000000 // Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. С. 34-36.
7. Берлянт А.М. 1997. Геоинформационное картографирование. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российская академия естественных наук. 64 с.
8. Быков Б.А. 1978. Что такое конассоциация? // Ботанический журнал. Т. 56. № 10. С. 1381-1387.
9. ГИС «Экосистемы бассейна оз. Байкал». 2022 [Электронный ресурс <https://mon-exp.nextgis.com/resource/> (дата обращения 31.01.2022)].
10. Водные экосистемы бассейна Селенги. 2009 / Ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, Н.И. Дорофеюк, А.В. Крылов. М.: Россельхозакадемия. 406 с.
11. Доржготов Д. 1992. Почвы Монголии (генезис, систематика, география, ресурсы и использование). Автореферат дисс. ... докт. геогр. наук. М.: МГУ. 51 с.
12. Доклад «О состоянии окружающей среды бассейна озера Байкал». 2015. Аналитический обзор публикаций экологической и природоохранной тематики: ООО «Пульс радио». 136 с. [Электронный ресурс: <http://bic.iwlearn.org/ru/dokumenty/doklad-o-sostoyanii-okruzhayuschei-sredy-basseina-ozera-baikal-2012-2013-gg/view> (дата обращения: 02.04.2022)].
13. Дьяконов К.Н., Пузаченко Ю.Г. 2004. Теоретические положения и направления исследований *Baikal Lake basin [Ekologicheskij atlas basseyna oz. Baykal]*. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015:34-36.
7. Berlyant AM. Geoinformation mapping [*Geoinformatsionnoye kartografirovaniye*]. Moscow: M.V. Lomonosov Moscow State University, Russian Academy of Natural Sciences, 1997:64.
8. Bykov BA. What is conassociation? [*Chto takoye konassotsiatsiya?*] *Botanical Journal*. 1978;56(10):1381-1387.
9. GIS "Ecosystems of the Baikal Lake basin" [*GIS "Ekosistemy basseyna oz. Baykal"*]. 2022, Available at <https://mon-exp.nextgis.com/resource/> (Date of Access 31/01/2022).
10. Water ecosystems of the Selenga basin [*Vodnyye ekosistemy basseyna Selengi*] / eds. Yu.Yu. Dgebuadze, N.I. Dorofeyuk, A.V. Krylov. Moscow: Rossel'khozakademiya, 2009:406.
11. Dorzhgotov D. Soils of Mongolia (genesis, taxonomy, geography, resources and use) [*Pochvy Mongolii (genezis, sistematika, geografiya, resursy i ispol'zovaniye)*]. PhD Thesis in Geographical Sciences. Moscow: MGU, 1992:51.
12. Report "On the state of the environment in the Baikal basin" [*Doklad "O sostoyanii okruzhayushchey sredy basseyna ozera Baykal"*] *Analytical review of publications on environmental and environmental topics: Pulse Radio LLC [Analiticheskiy obzor publikatsiy ekologicheskoy i prirodookhrannoy tematiki: OOO "Pul's radio"]*. 2015:136, Available at <http://bic.iwlearn.org/ru/dokumenty/doklad-o-sostoyanii-okruzhayuschei-sredy-basseina-ozera-baikal-2012-2013-gg/view> (Date of Access 02/04/2022).
13. Dyakonov KN, Puzachenko YuG. Theoretical provisions and directions of research of modern landscape science [*Teoreticheskiye polozheniya i napravleniya issledovaniy sovremennogo landshaftovedeniya*] *Geography, society and the environment [Geografiya obshchestvo i okruzhayushchaya sreda]* Vol. II, *Functioning and current state of landscapes [Funktsionirovaniye i*

- современного ландшафтоведения // География общество и окружающая среда. Т. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. С. 21-30.
14. *Исаченко А.Г.* 2016. Методология ландшафтоведения и ландшафтно-географический научный метод // Известия русского географического общества. Т. 148. № 1. С. 15-30.
  15. *Кесель Э.А., Мороз А.В., Губаревич Е.С., Мыслыва Т.Н.* 2019. Комплексный морфометрический анализ территории с использованием функциональных возможностей ГИС // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2019. С. 345-347.
  16. *Колбовский Е.Ю.* 2016. Геоинформационное моделирование и картографирование ландшафтных местоположений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. № 5. С. 20-24.
  17. *Колесников Б.П.* 1956. Кедровые леса Дальнего Востока. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 262 с.
  18. *Куминова А.В., Седельников В.П., Маскаев Ю.М.* 1985. Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск: Наука. 256 с.
  19. *Курочкина Л.З., Малукбекова Г.П., Плисак Р.П., Родионов Б.С.* 1977. Использование таксонов различных рангов при изучении структуры растительного покрова (на примере бассейна р. Или) // Пятое Всесоюзное совещание по классификации растительности. Новосибирск. С. 45-47.
  20. *Лебедева И.И., Овечкин С.В., Королук Т.В., Герасимова М.И.* 2012. Почвенно-генетическое районирование: принципы, задачи, структура, приложение // *sovremennoye sostoyaniye landshaftov*. 2004:21-30.
  14. *Isachenko AG.* Methodology of landscape science and landscape-geographical scientific method [Metodologiya landshaftovedeniya i landshaftno-geograficheskiy nauchnyy metod] *Bulletin of the Russian Geographical Society [Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva]*. 2016;148(1):15-30.
  15. *Kesel EA, Moroz AV, Gubarevich ES, Myslyva TN.* Comprehensive morphometric analysis of the territory using the functionality of GIS [Kompleksnyy morfometricheskij analiz territorii s ispol'zovaniyem funktsional'nykh vozmozhnostey GIS] *Agrarian science for agriculture: Collection of materials of the XIV International Scientific and Practical Conference [Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Barnaul: Altayskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2019:345-347.
  16. *Kolbovsky EYu.* Geoinformation modeling and mapping of landscape locations [*Geoinformatsionnoye modelirovaniye i kartografirovaniye landshaftnykh mestopolozheniy*] *News of Higher Educational Institutions [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy]*. *Geodesy and Aerial Photography [Geodeziya i aerofotos'yemka]*. 2016;5:20-24.
  17. *Kolesnikov BP.* Cedar forests of the Far East [*Kedrovyye lesa Dal'nego Vostoka*]. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1956:262.
  18. *Kuminova AV, Sedelnikov VP, Maskaev YuM.* Vegetation cover and natural fodder lands of the Tuva ASSR [*Rastitel'nyy pokrov i yestestvennyye kormovyye ugod'ya Tuvinsskoy ASSR*]. Novosibirsk: Nauka, 1985:256.
  19. *Kurochkina LZ, Malukbekova GP, Plisak RP, Rodionov BS.* The use of taxa of various ranks in the study of the structure of the vegetation cover (on the example of the Ili river basin) [*Ispol'zovaniye taksonov razlichnykh rangov pri izuchenii struktury rastitel'nogo pokrova (na primere basseyna r. Ili)*] *Fifth All-Union Conference on the classification of vegetation [Pyatoye Vsesoyuznoye soveshchaniye po klassifikatsii rastitel'nosti]*. Novosibirsk,

- Почвоведение. № 7. С. 715-727.
21. Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011. М.: Астрель [Электронный ресурс <https://soil-db.ru/soilatlas> (дата обращения 20.03.2022)].
  22. Общесоюзная классификация сенокосов и пастбищ по зонам страны. 1987. М.: Агропромиздат. 144 с.
  23. Петухов И.А. 1984. Опыт эколого-топографического анализа растительности кормовых угодий Убсунурской котловины в Тувинской АССР (Закономерности территориального распределения, классификация, рациональное хозяйственное использование). Автореф. дисс. ... к.б.н. М. 24 с.
  24. Полевой определитель почв России. 2008. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 182 с.
  25. Почвы. 2015. Карта, масштаб 1:5000000 // Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. С. 39.
  26. Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Симакова М.С., Долинина Е.А., Рухович С.В. 2013. Государственная почвенная карта – версия ArcInfo // Почвоведение. № 3. С. 251-267.
  27. Савенкова Т.П. 2002. Охраняемые природные территории бассейна озера Байкал: Атлас. Иркутск: Оттиск. 95 с.
  28. Софронов А.П. 2015. Эволюция и динамика растительности котловин Северо-Восточного Прибайкалья. Автореф. дисс. ... к.г.н. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 24 с.
  29. Старожилков В.Т. 2018. Метод векторно-слоевого ландшафтного картографирования и районирования // Проблемы региональной экологии. № 2. С. 134-138.
  30. Тулохонов А.К. 1996. Байкальский регион: проблемы устойчивого 1977:45-47.
  20. Lebedeva II, Ovechkin SV, Korolyuk TV, Gerasimova MI. Soil genetic zoning: principles, tasks, structure, application [Pochvenno-geneticheskoye rayonirovaniye: printsipy, zadachi, struktura, prilozheniye] *Eurasian Soil Science [Pochvovedeniye]*. 2012;7:715-727.
  21. National Soil Atlas of the Russian Federation [Natsional'nyy atlas pochv Rossiyskoy Federatsii]. Moscow: Astrel, 2011, Available at <https://soil-db.ru/soilatlas> (Date of Access 20/03/2022).
  22. All-Union classification of hayfields and pastures by country zones [*Obshchesoyuznaya klassifikatsiya senokosov i pastbishch po zonam strany*]. Moscow: Agropromizdat, 1987:144.
  23. Petukhov IA. Experience in ecological and topographical analysis of the vegetation of forage lands in the Ubsunur basin in the Tuva ASSR (patterns of territorial distribution, classification, rational economic use) [*Opyt ekologo-topograficheskogo analiza rastitel'nosti kormovykh ugodiy Ubsunurskoy kotloviny v Tuvinskoy ASSR (Zakonomernosti territorial'nogo raspredeleniya, klassifikatsiya, ratsional'noye khozyaystvennoye ispol'zovaniye)*]. PhD Thesis in Biological Sciences. Moscow, 1984:24.
  24. Field determinant of Russian soils [*Polevoy opredelitel' pochv Rossii*]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 2008:182.
  25. Soils [*Pochvy*]. Map, Scale 1:5000000 [*Karta Ecological atlas of the Baikal Lake basin [Ekologicheskiy atlas basseyna oz. Baykal]*]. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015:39.
  26. Rukhovich DI, Koroleva PV, Kalinina NV, Vilchevskaya EV, Simakova MS, Dolinina EA, Rukhovich SV. State soil map – ArcInfo version [Gosudarstvennaya pochvennaya karta – versiya ArcInfo] *Eurasian Soil Science [Pochvovedeniye]*. 2013;3:251-267.
  27. Savenkova TP. Protected natural areas of the Baikal basin: Atlas [*Okhranyayemyye prirodnnyye territorii basseyna ozera Baykal: Atlas*]. Irkutsk: Ottisk, 2002:95.



- развития. Новосибирск: Наука. 208 с.
31. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Убугунов В.Л., Балсанова Л.Д. 2012. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. № 2. С. 45-52.
  32. Убугунов Л.Л., Гынинова А.Б., Белозерцева И.А., Доржготов Д., Убугунова В.И., Сороковой А.А., Убугунов В.Л., Бадмаев Н.Б., Гончиков Б.Н. 2018. Географические закономерности распределения почв на водосборной территории оз. Байкал (к карте «Почвы бассейна оз. Байкал») // Природа Внутренней Азии. № 2 (7). С. 7-26.
  33. Уфимцева К.А. 1963. О горных таежных почвах Забайкалья // Почвоведение. № 3. С. 51-62.
  34. Хадбаатар С. 2010. Ландшафтно-экологические особенности деградации богарных земель центральной части бассейна Селенги. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М. 27 с.
  35. Цыбжитов Ц.Х. 1971. Почвы лесостепи Селенгинского среднегорья. Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство. 107 с.
  36. Чердонова В.А. 2003. Современное состояние и процессы трансформации растительного покрова российской части бассейна реки Селенги. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 26 с.
  37. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
  38. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. 2015. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 145 с. [Электронный ресурс <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas> (дата обращения 24.03.2020)].
  39. Карта Экосистем бассейна Селенги.
  28. Sofronov AP. Evolution and dynamics of vegetation in the basins of the North-Eastern Baikal region [*Evolyutsiya i dinamika rastitel'nosti kotlovin Severo-Vostochnogo Pribaykal'ya*] PhD Thesis in Geographical Sciences. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015:24.
  29. Starozhilov VT. Method of vector-layer landscape mapping and zoning [Metod vektorno-sloyevogo landshaftnogo kartografirovaniya i rayonirovaniya] *Problems of Regional Ecology [Problemy regional'noy ekologii]*. 2018;2:134-138.
  30. Tulokhonov AK. Baikal region: problems of sustainable development [*Baykal'skiy region: problemy ustoychivogo razvitiya*]. Novosibirsk: Nauka, 1996:208.
  31. Ubugunov LL, Ubugunova VI, Badmaev NB, Gyninova AB, Ubugunov VL, Balsanova LD. Soils of Buryatia: diversity, systematics and classification [Pochvy Buryatii: raznoobraziye, sistematika i klassifikatsiya] *Bulletin of the V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy [Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova]*. 2012;2:45-52.
  32. Ubugunov LL, Gyninova AB, Belozertseva IA, Dorzhgotov D, Ubugunova VI, Sorokova AA, Ubugunov VL, Badmaev NB, Gonchikov BN. Geographic patterns of soil distribution in the catchment area of Baikal Lake (to the map "Soils of the Baikal Basin") [*Geograficheskiye zakonomernosti raspredeleniya pochv na vodosbornoy territorii oz. Baykal (k karte «Pochvy basseyna oz. Baykal»)*] *Nature of Inner Asia [Priroda Vnutrenney Azii]*. 2018;2(7):7-26.
  33. Ufimtseva KA. On the mountain taiga soils of Transbaikalia [O gornykh tayezhnykh pochvakh Zabaykal'ya] *Eurasian Soil Science [Pochvovedeniye]*. 1963;3:51-62.
  34. Khadbaatar S. Landscape and ecological features of the degradation of rainfed lands in the central part of the Selenga basin [*Landshaftno-ekologicheskiye osobennosti degradatsii bogarnykh zemel' tsentral'noy chasti basseyna Selengi*]. PhD Thesis in Geographical Sciences. Moscow, 2010:27.
  35. Tsybzhitov TsKh. Soils of the forest-steppe of the Selenga middle mountains [*Pochvy lesostepi*

- Масштаб 1:500000. 1 л. // ЭКОСИСТЕМЫ бассейна Селенги. 2005 / Ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. М.: Наука. 359 с.
40. Ecosystem of Mongolia: Atlas. 2019 / Eds. P.D. Gunin, M. Saandar. M.-Ulaanbaatar: KMK Scientific Press. 262 p.
41. Google.Earth. 2022 [Электронный ресурс <https://earth.google.com/web/> (дата обращения 12.10.2021)].
42. Kopecký M., Čížková Š. 2010. Using Topographic Wetness Index in Vegetation Ecology: Does the Algorithm Matter? // Applied Vegetation Science. Vol. 13. No. 4. Pp. 450-459.
43. Ma J., Lin G., Chen J., Yang L. 2010. An Improved Topographic Wetness Index Considering Topographic Position // 18<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics. Pp. 1-4.
44. Mokarram M., Darvishi A., Negahban S. 2017. The Relation between Morphometric Characteristics of Watersheds and Erodibility at Different Altitude Levels Using Topographic Position Index (TPI). Case Study: Nazloochaei Watershed // Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). Vol. 26. No. 101. Pp. 131-142.
45. Moore I.D., Grayson R.B., Ladson A.R. 1991. Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological, Geomorphological and Biological Applications // Hydrological Processes. Vol. 5. No. 1. P. 3-30.
46. Różycka M., Migoń P., Michniewicz A. 2017. Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in Geomorphic Characterization of Landslide Terrains, on Examples from the Sudetes, SW Poland // Zeitschrift für geomorphologie. Supplementary issues. Vol. 61. Pp. 61-80.
47. Sørensen R., Zinko U., Seibert J. 2006. On the Calculation of the Topographic Wetness Index: Evaluation of Different *Selenginskogo srednegor'ya*. Ulan-Ude: Buryatskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1971:107.
36. Cherdonova VA. Modern state and processes of transformation of the vegetation cover of the Russian part of the Selenga river basin [*Sovremennoye sostoyaniye i protsessy transformatsii rastitel'nogo pokrova rossiyskoy chasti basseyna reki Selengi*] PhD Thesis in Biological Sciences. Moscow, 2003:26.
37. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI. Classification and diagnostics of Russian soils [*Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii*]. Smolensk: Oykumena, 2004:342.
38. The Ecological Atlas of the Baikal Basin [*Ekologicheskiy atlas basseyna oz. Baykal*]. Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography of SB RAS, 2015:145, Available at <http://bic.iwlearn.org/ru/atlas/atlas> (Date of Access 24/03/2020).
39. Map of the ecosystems of the Selenga River basin, Scale 1:500000 [*Karta ekosistem basseyna Selengi*] *Ecosystems of the Selenga basin* [*Ekosistemy basseyna Selengi*] / eds. E.A. Vostokova, P.D. Gunin. Moscow: Nauka, 2005:1.
40. Ecosystem of Mongolia: Atlas / eds. P.D. Gunin, M. Saandar. Moscow-Ulaanbaatar: KMK Scientific Press, 2019:262.
41. Google.Earth. 2022, Available at <https://earth.google.com/web/> (Date of Access 12/10/2021).
42. Kopecký M, Čížková Š. Using Topographic Wetness Index in Vegetation Ecology: Does the Algorithm Matter? *Applied Vegetation Science*. 2010;13(4):450-459.
43. Ma J, Lin G, Chen J, Yang L. An Improved Topographic Wetness Index Considering Topographic Position. 18<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics. 2010:1-4.
44. Mokarram M, Darvishi A, Negahban S. The Relation between Morphometric Characteristics of Watersheds and Erodibility at Different Altitude Levels Using Topographic Position Index (TPI). Case Study: Nazloochaei Watershed Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 2017;26(101):131-142.
45. Moore ID, Grayson RB, Ladson AR. Digital Terrain Modelling: A Review of Hydrological,

- Methods Based on Field Observations // Hydrology and Earth System Sciences. Vol. 10. No. 1. P. 101-112.
48. Tağil Ş., Jenness J. 2008. GIS-based Automated Landform Classification and Topographic, Landcover and Geologic Attributes of Landforms around the Yazoren Polje, Turkey // Journal of Applied Sciences. No. 8. Pp. 910-921.
49. USGS. 2021 [Электронный ресурс <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 10.11.2021)].
50. Weiss A.D. 2000. Topographic Position and Landforms Analysis. Poster. [Электронный ресурс [http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc\\_18x22.pdf](http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf) (дата обращения 12.11.2021)].
51. The Plant List. 2022. [Электронный ресурс <http://www.theplantlist.org/>] (дата обращения 10.04.2022).
- Geomorphological and Biological Applications. *Hydrological Processes*. 1991;5(1):3-30.
46. Różycka M, Migoń P, Michniewicz A. Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in Geomorphic Characterization of Landslide Terrains, on Examples from the Sudetes, SW Poland. *Zeitschrift für geomorphologie. Supplementary issues*. 2017;61:61-80.
47. Sørensen R, Zinko U, Seibert J. On the Calculation of the Topographic Wetness Index: Evaluation of Different Methods Based on Field Observations. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2006;10(1):101-112.
48. Tağil Ş, Jenness J. GIS-based Automated Landform Classification and Topographic, Landcover and Geologic Attributes of Landforms around the Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences*. 2008;8:910-921.
49. USGS. 2021, Available at <https://earthexplorer.usgs.gov> (Date of Access 10/11/2021).
50. Weiss AD. Topographic Position and Landforms Analysis: Poster. 2000, Available at [http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc\\_18x22.pdf](http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf) (Date of Access 12/11/2021).
51. The Plant List. 2022, Available at <http://www.theplantlist.org/> (Date of Access 10/04/2022).

UDC 581.5:528.94

**ECOSYSTEMS OF THE BAIKAL BASIN:  
DIGITAL MAP AND GEOINFORMATION DATABASE**

© 2022. S.N. Bazha\*, A.V. Andreev\*, E.A. Bogdanov\*, E.V. Danzhalova\*, Yu.I. Drobyshev\*,  
I.A. Petukhov\*, Yu.A. Rupyshev\*\*

\*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences  
33, Leninsky Prospect, Moscow, 119071, Russia. E-mail: monexp@mail.ru

\*\*Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences  
6, Sakhyanovoy Str., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: rupyshev@mail.ru

Received June 14, 2022. Revised August 01, 2022. Accepted September 01, 2022.

The digital map “Ecosystems of the Baikal Lake Basin” (scale 1:500000) was compiled by deciphering the actual satellite imagery, while using the previously created materials of thematic mapping of various scales, obtained for different territories within the basin, as well as the authors’ field descriptions of ecosystems and vegetation. The map shows composition, structure, current state



of terrestrial ecosystems, and new areas of anthropogenic ecosystems that have greatly expanded in comparison with the mapping data of previous years. The legend of the map includes 71 samples of ecosystems, which correspond to the landscape units “stow/sub-stow”.

To display the spatial variability of the natural components of ecosystems, the corresponding digital layer maps (combined GIS) were developed for morphogenetic types of relief, soil cover and vegetation of the basin, developed on the basis of interpolation of various published thematic data and supplemented with information from archives and materials from more than 50 years of field study of soils and vegetation cover by the Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition of the Russian Academy of Sciences and the Academy of Sciences of Mongolia (JRMСBE).

The created spatial database of 5.1 GB is a cartographic Web service. It is intended for open use on any personal computers, workstations, laptops, tablets, smartphones running Windows and Android, including mobile ones with Internet access. The database includes spatial information on ecosystems and their anthropogenic disturbance on 9 model polygons (1:200000 and larger scales) and 9 key areas (1:5000 to 1:10000 scales), as well as from 1757 geobotanical descriptions.

*Keywords:* Baikal basin, geoinformation ecological mapping, ecosystems, interpretation, anthropogenic factors, database, GIS.

*Funding.* This work is carried out as part of the scientific program of the Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition of the Russian Academy of Sciences and Academy of Sciences of Mongolia in a field of long-term biological and ecological researches, and supported by the grants of the RGS-RFBR (No. 13-05-41266) and the Russian Foundation for Basic Research (No. 17-29-05019).

**DOI: 10.24412/2542-2006-2022-3-120-171**

**EDN: FZDSSD**