

УДК 581.5; 528.94

**ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ДЕГРАДАЦИИ ЭКОСИСТЕМ
БАСЕЙНА БАЙКАЛА НА ОСНОВЕ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА
СЕТИ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ¹**

© 2021 г. С.Н. Бажа*, А.В. Андреев*, Е.А. Богданов*, Е.В. Данжалова*,
Ю.И. Дробышев*, И.А. Петухов*, Ю.А. Рупышев**, В.И. Убугунова**,
Л.А. Иванов*** С. Хадбаатар****, Э.Г. Цыремпилов**

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: tonexr@mail.ru

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

***Ботанический сад Уральского отделения РАН
Россия, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 202а. E-mail: leonid.ivanov@botgard.uran.ru

****Монгольский государственный университет образования
Монголия, 2106489, г. Улан-Батор, ул. Бага Тойруу, д. 14. E-mail: hadbaatar@mail.ru

Поступила в редакцию 06.11.2020. После доработки 27.11.2020. Принята к публикации 01.12.2020.

В статье излагаются главные причины и последствия дестабилизации экосистем в бассейне озера Байкал, выявленных с помощью долгосрочного мониторинга. Основой мониторинга является сеть модельных полигонов и ключевых участков, заложенных авторами в зонах повышенной экологической напряженности, на которых осуществляется крупномасштабное картографирование и проводится комплекс ландшафтоведческих и почвенно-геоботанических исследований. Оценена степень нарушенности природной среды региона, выявлены факторы деградации и установлен характер деградационных процессов в разных типах наземных экосистем бассейна Байкала.

Ключевые слова: мониторинг, экологическое картографирование, деградация экосистем, бассейн Байкала.

DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10146

Бассейн Байкала, расположенный на территории двух государств – России и Монголии, обладает уникальным для северной Палеарктики богатством флористико-фаунистического состава и разнообразием экосистем и ландшафтов. С экономической точки зрения территория бассейна Байкала является динамично развивающимся регионом Южной Сибири и Северной Монголии. Здесь сосредоточена большая часть населения Республики Бурятия и Монголии, интенсивно развивается горнодобывающая и лесоперерабатывающая промышленность. В свою очередь, монгольская часть бассейна характеризуется интенсификацией сельскохозяйственного использования биоресурсов: быстрым приростом поголовья скота и расширением площади земель, задействованных в богарном земледелии. Всё это, несомненно, оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на природную среду региона, вызывающая развитие деградационных процессов в экосистемах, что в конечном итоге определяет антропогенную нарушенность ландшафтов (Тулохонов, 1996; Экосистемы ..., 2005; Дгебуадзе и др., 2009; Антропогенная ..., 2012). Последнее вызвано не только постоянно возрастающей хозяйственной нагрузкой на окружающую среду, но и природными процессами, среди которых, в частности, можно отметить общую аридизацию климата.

Оценка прямых и обратных связей между деятельностью людей и состоянием окружающей среды возможна только при проведении мониторинговых работ на специально выбранных для этих целей территориях: модельных полигонах, стационарах, экспериментальных площадях или ключевых

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-29-05019 офи_м «Опасные деградационные процессы и их роль в формировании антропогенно-трансформированных ландшафтов в бассейне Байкала».

участках. Основанием для этого является соблюдение главных принципов, заложенных в концепции глобального оперативного контроля за состоянием природной среды, разработанных отечественными учеными (Герасимов, 1975; Израэль, 1979; Виноградов, 1984) и дополненные Е.И. Панковой (1993), Е.А. Востоковой с соавторами (2004) и П.Д. Гуниным с соавторами (2015б) при организации регионального экологического мониторинга, который включает:

- комплексность показа основных компонентов экосистем (рельеф, почвенный покров, растительные сообщества в их взаимосвязи при определении классификационного положения экосистем);
- единовременность, которая достигается фиксацией состояния всех экосистем на единый момент времени экологического картографирования;
- системность при разработке базовых карт, включающих пространственное распределение экосистем в их современном состоянии с показом их антропогенной нарушенности.

В связи с этим в российской и монгольской частях бассейна оз. Байкал для проведения мониторинговых работ были выбраны репрезентативные модельные полигоны (МП) и ключевые участки (КУ) в зонах повышенной экологической напряженности, расположенные вдоль Трансбайкальской субмеридиональной трансекты (рис.).

Целью проведенных исследований являлось определение степени развития и особенностей распространения основных типов деградационных процессов в почвенно-растительном покрове экосистем в связи с воздействием главных факторов хозяйственной деятельности.

Объекты и методы исследования

Сеть МП и КУ охватывает пять наиболее крупных физико-географических провинций бассейна оз. Байкал (Экологический ..., 2015) и представляет основные типы наземных автоморфных (горнолесных, горно-лесостепных, степных) и гидроморфных (пойменно-долинных, котловинно-приозерных) экосистем. В том числе были выбраны МП на периферии бассейна Байкала для изучения трансграничных взаимодействий, протекающих в растительном покрове, на границе с Центрально-Азиатским бессточным бассейном (МП «Тосонцэнгэл» и «Унджул») и для изучения структуры и состояния экосистем на границе с бассейном р. Амур (МП «Сэргэлэн»; рис., табл.). В качестве основных типов хозяйственного воздействия, определивших главные эколого-географические и социально-экономические проблемы Байкальского региона, исходя из ранее проведенных исследований (Гомбоев, 2006; Бешенцев, 2008; Антропогенная ..., 2012; Тулохонов, 2012; Снытко и др., 2013), были выделены лесохозяйственный, сельскохозяйственный (пастбищный, земледельческий), горнопромышленный и рекреационный. Главными объектами изучения и оценки степени развития опасных деградационных процессов служат природно-территориальные комплексы или геосистемы, выделенные нами на основе крупномасштабного геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования. С этой целью, для каждой территории подбирались материалы дистанционного зондирования Земли с высоким и очень высоким разрешением (0.5-2.5 м), на основе которых проводились полевые работы для определения структурной организации экосистем, включающие их инвентаризацию, оценку состояния и распространения деградационных процессов.

Достоверными критериями оценки антропогенного воздействия на экосистемы являются специфические различия почв, растительности и их морфологии. Нами использовались следующие параметры: состояние почвенного покрова (мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, влажность), его нарушенность (эрозия, опесчаненность, защебненность), фитоценотические показатели растительных сообществ (высота, проективное покрытие, продуктивность), его структура, изменения флористического состава, наличие индикаторных видов, жизненность видов растений, степень уничтожения или повреждения древостоя. Дифференциация по степени антропогенной нарушенности проводилась по 5 основным группам (незначительно нарушенные, слабо нарушенные, средне нарушенные, сильно нарушенные, очень сильно нарушенные; Методология ..., 1993; Бажа и др., 2013).

Полевые работы включали в себя весь комплекс геоботанических и почвенных исследований с отбором проб на определение продуктивности растительности, влажности почв, их гранулометрический и химический состав (Бажа и др., 2013).

МП, имеющие типичный для своего природного региона набор экосистем, служили базовыми территориями для проведения их инвентаризации на основе крупномасштабного картографирования

и выяснения характерных для них деградационных процессов. Они имеют значительную площадь, а масштаб их картографирования в основном составлял 1:200000. КУ выбирались чаще всего в пределах полигонов или в непосредственной близости к ним с целью более детального изучения факторов антропогенного воздействия и изучения наиболее опасных процессов деградации экосистем и механизма их проявления. Они имеют меньшую площадь, но более крупный масштаб картографирования (таб.).

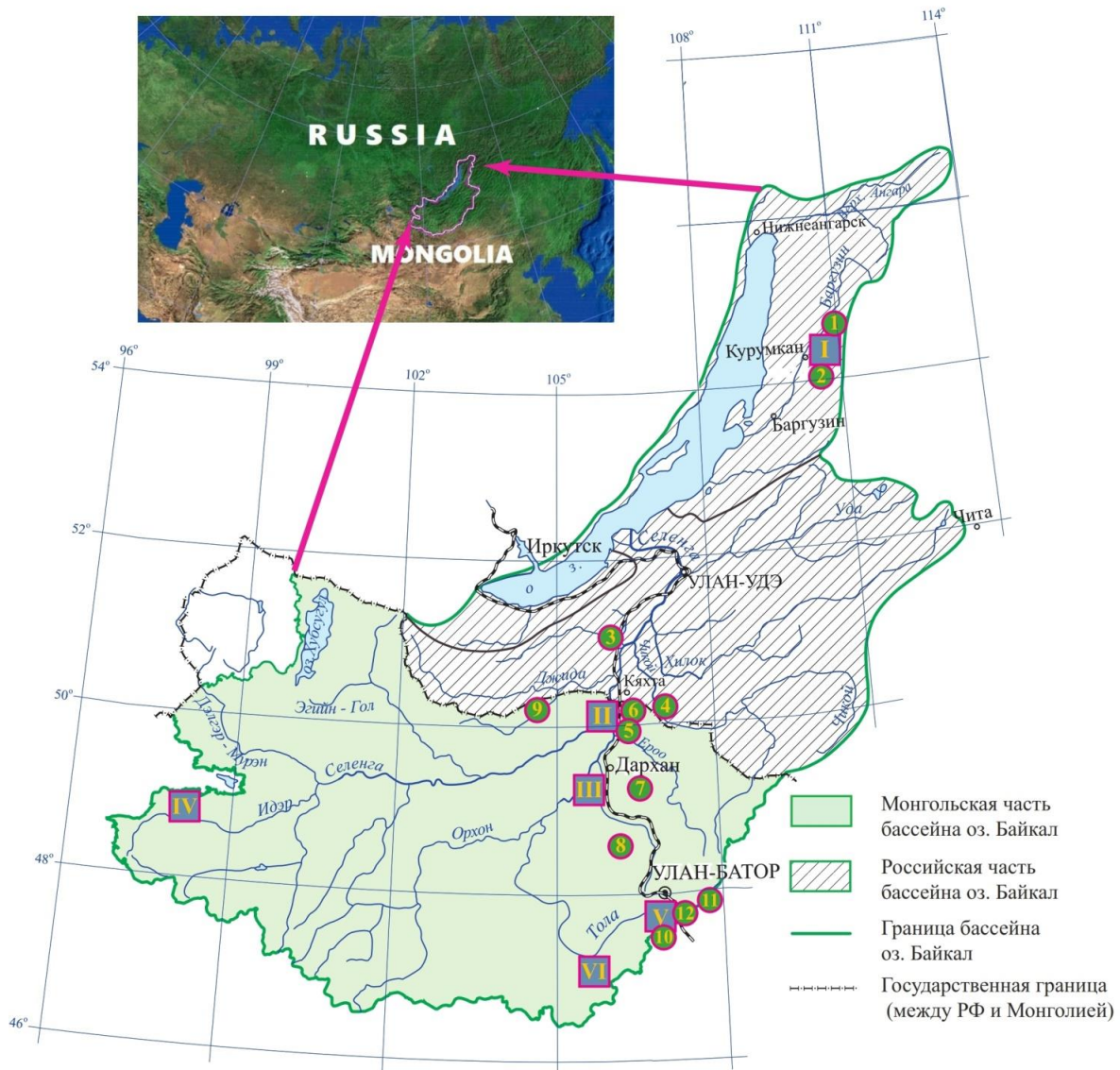


Рис. Расположение модельных полигонов и ключевых участков в бассейне оз. Байкал. *Условные обозначения:* индексы и характеристика МП и КУ даны в таблице.

Результаты исследования

В процессе разностороннего анализа литературных данных и обработки фактического материала, собранного в период многолетних полевых исследований, были прослежены основные закономерности современного антропогенного воздействия на разные типы экосистем на территории российской и монгольской частей бассейна Байкала.

Деградация пастбищных экосистем. Исследование пастбищной дигрессии растительного покрова в основных типах степей (горно-луговые, настоящие, сухие) и интразональных полугидроморфных сообществах на МП и КУ показали неоднородность ее характера и скорости протекания в северной (русской) и южной (монгольской) частях бассейна Байкала.

Таблица. Ландшафтно-экологические характеристики модельных полигонов и ключевых участков бассейна оз. Байкал.

Название объекта (административное положение)	Площадь (км ²) / масштаб	Положение в системе ландшафтного районирования	Название ландшафта	Задачи исследований
1	2	3	4	5
I. МП «Баргузин», (Бурятия, Курумканский район)	1057.2 / 1:200000	Прибайкальская горнотаежная и котловинная провинция. Байкало- Джугджурская горно-таежная область	Предгорно- котловинный лесостепной с сосновыми лесами и разнотравно- злаковыми степями и залежами	Изучение структуры и состояния экосистем
1. КУ «Куйтун-1» (там же)	241.6 / 1:10000			Выявление причин высыхания сосновых лесов и лесозащитных полос (<i>Pinus sylvestris</i> ² , <i>Populus balsamifera</i>) и закоривания залежей
2. КУ «Куйтун-2» (Бурятия, Баргузинский район)	0.5 / 1:5000			Изучение структуры и состояния экосистем, выявление причин высыхания сосновых лесов
3. 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	Изучение структуры и состояния природных и природно-техногенных экосистем, возникших при эксплуатации угольного месторождения
4. КУ «Усть- Киран» (Бурятия, Кяхтинский район)	125.5 / 1:10000			Наблюдение за состоянием сосновых насаждений и изучение деградации богарных почв
II. МП «Шамар – Дзун-Бурэн» (Монголия, Селенгинский аймак)	779.1 / 1:200000			Изучение структуры и состояния экосистем, сукцессий и процессов восстановления лесов после рубок и пожаров, распространения и приуроченности кустарниковых сообществ.
5. КУ «Шамар» (там же)	52.7 / 1:10000			Детальное изучение кустарниковых сукцессий (<i>Prunus sibirica</i>), деградации богарных почв.
6. КУ «Алтан- Булаг» (там же)	0.5 / 1:5000			Изучение долинного комплекса р. Боор и пастбищной дигрессии гидроморфных экосистем

² Латинские названия растений приведены по работе «The Plant List» (2013).

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5
III. МП «Салхит» (Монголия, аймаки Селенгинский и Дархан-Уул)	755.2 / 1:200000	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	Изучение структуры и состояния экосистем, постлесных сукцессий (<i>Caragana microphylla</i> , <i>Ulmus pumila</i> , <i>Prunus pedunculata</i>), деградации пахотных и залежных земель
7. КУ «Шарын-гол» (Монголия, аймак Дархан-Уул)	29.1 / 1:50000		Изучение сохранившихся сосновых лесов и детальное изучение постлесных сукцессий (<i>Dasiphora fruticosa</i>)	
8. КУ «Борнур» (Монголия, Центральный аймак)	0.45/ 1:5000		Низкогорный лесостепной	Изучение структуры и состояния, экосистем, детальное изучение кустарниковых сообществ с <i>Dasiphora fruticosa</i>
9. КУ «Зэлтэр» (Монголия, Селенгинский аймак)	2.1 / 1:10000	Джидинско- Хамар-Дабанская горнотаежная и котловинная провинция. Южно-Сибирско- Хангай- Хэнтэйская горная область	Низкогорный лесостепной с лиственничными и производными лесами	Изучение структуры и состояния экосистем, особенностей сукцессий древесно-кустарниковой растительности (<i>Betula pendula</i> , <i>Spiraea media</i>)
IV. МП «Тосонцэнгэл» (Монголия, Завханский аймак)	1371.7 / 1:200000	Хангайская нагорная горно- таежная и горно- луговая сухостепная провинция. Южно-Сибирско- Хангай- Хэнтэйская горная область	Среднегорный горно-таежный, горнотепной с лиственничными сильно- нарушенными лесами, кустарниковыми зарослями и польнно- лапчатково- злаковыми деградированными степями	Изучение структуры и состояния экосистем на границе бассейна Байкала и ЦА бессточного бассейна. Изучение инвазий <i>Caragana bungei</i> , <i>C. spinosa</i>
V. МП «Сэргэлэн», (Монголия, Центральный аймак)	920.2 / 1:200000	Онон-Хэнтэйская котловинно- горнотаежная провинция. Южно-Сибирско- Хангай- Хэнтэйская горная область	Среднегорно- котловинный лесостепной с лиственничниками и осиново- березовыми сильно нарушенными лесами, ...	Изучение структуры и состояния экосистем на водоразделе бассейна Байкала и р. Амур и переходной зоны от лесостепи к сухим степям

Продолжение таблицы.

1	2	3	4	5
10. КУ «Налайх» (там же)	27.9 / 1:10000	Онон-Хэнтэйская котловинно-горнотаежная провинция. Южно-Сибирско-Хангай-Хэнтэйская горная область	... кустарниковыми зарослями, разнотравными лугами и разнотравно-злаковыми степями	Изучение сукцессии березы бурой (<i>Betula ovalifolia</i>) в структуре растительности лесных и кустарниковых экосистем. Определение возможностей восстановления древостоев
11. КУ «Дзун-Мод» (там же)	17.8 / 1:10000			Детальное изучение восстановления растительности на отвалах горнодобывающей промышленности
12. КУ «Шахта», (там же)	0.1 / 1:5000			
VI. МП «Унджул» (Монголия, Центральный аймак)	1651.75 / 1:200000	Селенгинско-Орхонская котловинно-среднегорная провинция. Южно-Сибирско-Хангай-Хэнтэйская горная область	Низкогорно-сопочный с фрагментами лесостепи и равнинный сухостепной	Изучение структуры и состояния экосистем на границе бассейна Байкала и Центрально-Азиатского бессточного бассейна. Изучение инвазий <i>Ephedra sinica</i> , <i>Allium polyrhizum</i>

Незначительные пастбищные нагрузки, связанные с низким поголовьем домашнего скота в исследованных ландшафтах Забайкалья, практически привели к замедлению дигрессии, а в ряде регионов Бурятии стимулировали процесс восстановления пастбищной растительности. Так, на исследуемых территориях в настоящее время степная растительность представлена средненарушенными злаковыми (*Poa attenuata*, *Stipa krylovii*) сообществами – на КУ «Куйтун-1», разнотравно-дерновиннозлаковыми сообществами – на МП «Баргузин» и КУ «Куйтун-2», осочково-разнотравными (*Carex duriuscula*, *Lespedeza davurica*, *Potentilla tanacetifolia*, *P. acaulis*) и дерновиннозлаковыми (*Koeleria macrantha*, *Poa botryoides*, *Stipa baicalensis*), дерновиннозлаково-мелкотравно-карагановыми (*Caragana microphylla*) и осочково-мелкотравными (*C. duriuscula*) сообществами – на КУ «Куйтун-2», крыловоковыльно-разнотравными (*Stipa krylovii*) сообществами – на КУ «оз. Гусиное», где довольно хорошо сохранилось участие коренных дерновинных злаков в структуре растительных сообществ. Участки степей со слабой степенью нарушения обнаружены на периферии лесных массивов КУ «Куйтун-1» и занимают не более 0.5% от площади ключевого участка. Незначительную площадь занимают и сильно нарушенные полынно (*Artemisia frigida*, *A. scoparia*) – осочковые (*Carex duriuscula*, *C. korshinskyi*) сообщества настоящих степей на КУ «Куйтун-2».

Интразональная растительность речных долин (пойменные луга) и озерных депрессий на обследованных территориях российской части бассейна Байкала также слабо и средне нарушена благодаря использованию в качестве сенокосов и для умеренного выпаса.

Резкий рост поголовья выпасаемого на пастбищах скота на территории Монголии и, соответственно, превышение в 2-2.5 раза норм нагрузки на растительные ресурсы пастбищ коренным образом изменили их видовой состав и приблизили их состояние к критическому. Антропогенная динамика пастбищных экосистем в южной части бассейна Байкала отличается прогрессирующим развитием пастбищной дигрессии, охватывающей все большие площади. На данный момент наиболее широко распространены средне- и сильнонарушенные пастбища, на которых коренная степная растительность заменена менее продуктивными сообществами с преобладанием сорных и непоедаемых видов. Нередко наблюдается конвергенция признаков растительного покрова, связанная

с его общей ксерофитизацией и активизацией деятельности животных-землероев в условиях увеличения нагрузки на пастбища. В результате, на большей части площадей естественных кормовых угодий преобладают сходные по структуре и составу обедненные сообщества, сформировавшиеся на месте коренных степных фитоценозов. Как правило, это низкорослые холоднопопынно-лапчатковые, змеевково-твердоватоосочковые с караганами (*Caragana microphylla*, *C. stenophylla*), змеевково-адамсовопольные, иногда с участием ксерофитных ковылей (*Stipa krylovii*, *S. baicalensis*) фитоценозы (МП «Салхит», «Сэргэлэн», «Унджул», «Тосонцэнгэл», КУ «Борнур», «Дзун-Мод», «Налайх»).

Наиболее распространенным процессом дигрессии в разнотравно-злаковых и злаковых степных пастбищах является их закустаривание. Основную роль при этом играют кустарниковые виды рода *Caragana* (*C. bungei*, *C. pygmaea*, *C. microphylla*, *C. stenophylla*), а также *Prunus pedunculata*, *P. sibirica* и полукустарничковые виды полыни (*Artemisia adamsii*, *A. frigida*; МП «Унджул», «Тосонцэнгэл», «Сэргэлэн», «Салхит», КУ «Шамар» и др.).

Результаты исследований экосистем МП «Унджул» позволяют говорить о протекающих в растительном покрове трансграничных взаимодействиях, в том числе антропогенно стимулируемых. Сам характер таких взаимодействий инвазийный, связанный с проникновением пустынно-степных видов – эфедры китайской (*Ephedra sinica*) и лука многокорневого (*Allium polyrhizum*). Так, в последнее время здесь резко увеличилась доля полностью трансформированных сухостепных пастбищ, на месте которых формируются монодоминантные растительные сообщества из *Ephedra sinica*. Картографирование полигона показало, что растительные сообщества, в состав которых входит эфедра, занимают более 1/3 территории (Гунин и др., 2012). Кроме того, было выявлено увеличение участия в структуре растительных сообществ и *Allium polyrhizum*, получившего значительное развитие за последние 25-30 лет в сильно деградированных сухостепных сообществах Среднеобийского аймака (Бажа и др., 2015; Гунин и др., 2015а). Сам процесс внедрения этих видов стимулируется интенсивным выпасом, приводящим к уменьшению роли коренных видов. Это приводит к полной непригодности сообществ для выпаса скота в виду высокого содержания токсических аминокислот и алкалоидов.

Фоновым и слабо нарушенным состоянием были охарактеризованы лишь небольшие участки степных и луговых экосистем на КУ «Зэлтэр», находящемся в охраняемой пограничной зоне на границе Монголии и России.

Максимальные пастбищные нагрузки испытывают пастбища гидроморфных и полугидроморфных луговых и лугово-степных экосистем, приуроченных к долинам рек, озерным впадинам и замкнутым слабо дренированным понижениям. Наиболее распространенными здесь являются ирисово-злаковые, разнотравно-злаковые, злаковые, осоково-злаково-разнотравные на аллювиально-луговых почвах, вострецовые на аллювиально-дерновых, преимущественно суглинисто-щебнистых почвах и чиевые ассоциации на солонцеватых почвах (Экосистемы ..., 2005). На сильно нарушенных участках в настоящее время сформировались осочковые (*Carex duriuscula*), злаково-осочковые, осочково-гусиноплапчатковые (*Potentilla anserina*; МП «Салхит»), осочково-ирисовые и сорнотравно-ирисовые (*Iris lactea*.), полынные (*Artemisia adamsii*, *A. laciniata*) и лапчатковые (*Potentilla acaulis*) сообщества (МП «Шамар-Дзун-Бурэн», КУ «Алтан-Булаг», «Налайх»), сложенные относительно небольшим числом видов.

Обезлесивание. Значительную опасность для экологической стабильности бассейна Байкала представляет обезлесивание. Современная динамика лесных экосистем на большей части их распространения в горнолесных и лесостепных ландшафтах бассейна определяется комплексным воздействием пожаров и промышленных рубок, обуславливающим в сумме крайне высокую степень антропогенной нагрузки.

Однако, в северной части бассейна Байкала драматическая ситуация с сосновыми лесами сложилась под воздействием климатического фактора. Здесь, в Баргузинской котловине на КУ «Куйтун-1», за очень короткий период произошла гибель естественных массивов соснового леса, имеющих окраинный или островной характер. Как показали результаты наших исследований, это было вызвано резким снижением выпадения атмосферных осадков в 2013-2016 гг. и последующим иссушением корнеобитаемого слоя почвогрунтов. Сильное иссушение почв сказалось и на состоянии искусственных полезащитных лесополос из *Pinus sylvestris* и *Populus balsamifera* (Убугунов и др.,

2017). Гибель сосновых лесов отмечалась на значительной территории, этот же процесс мы наблюдали и в 40 км южнее на склонах юго-восточной экспозиции Баргузинского хребта на КУ «Куйтун-2». Таким образом, данный процесс носит региональный характер и позволяет констатировать, что в условиях лесостепной зоны северного Забайкалья сложились такие экологические условия, когда даже сосна обыкновенная, считающаяся устойчивой к засухам по сравнению с другими породами, не выдерживает подобные изменения. Иссушение почв отмечалось и в других ландшафтах Байкальского региона, что тем более было чувствительно для мезофитных древесных видов. Так, на юге Бурятии на КУ «Усть-Киран» были обнаружены ветрозащитные лесополосы из полностью высохшего *Populus laurifolia*, тогда как полосы в аналогичных условиях из более ксерофитного кустарника *Caragana arborescens* находились в удовлетворительном состоянии (Гунин и др., 2017).

В южной части бассейна особенно ярко и быстро проявляются процессы деградации лесов, связанные с замещением коренных насаждений чистыми или смешанными зарослями ксерофитных, мезоксерофитных и ксеромезофитных кустарников: миндаля черешкового (*Prunus pedunculata*), спирей (*Spiraea hypericifolia* и *S. media*), абрикоса сибирского (*Prunus sibirica*), березы бурой (*Betula ovalifolia*), курильского чая (*Dasiphora fruticosa*) и караган (*Caragana bungei*, *C. microphylla*, *C. spinosa*), либо на месте леса образуется степь. Эти сообщества являются сильно нарушенными. Среди факторов, способствующих обезлесению, необходимо выделить такие изменения ландшафтно-экологических условий в лесных экотопах, лишенных коренной бореальной растительности или резко снизивших свое значение, как иссушение и переувлажнение корнеобитаемого слоя почвогрунтов, а также конкурентные отношения между древесной и кустарниковой растительностью (Гунин и др., 2017; Бажа и др., 2018, 2019, 2020). В разных частях бассейна эти факторы действуют как относительно изолированно, так и в различных комбинациях.

Так, на МП «Шамар-Дзун-Бурэн» и КУ «Шамар» при многолетних исследованиях был выявлен четкий тренд к сукцессионной смене сосновых лесов на кустарниковые сообщества из *Prunus sibirica*. К настоящему времени на КУ «Шамар» практически все экотопы на склонах западной и восточной экспозиции полностью заняты крупнокустовыми сообществами из абрикоса с проективным покрытием до 40-60%. В качестве свидетельств бывшего распространения сосновых лесов служат фрагменты абрикосовых сосняков или абрикосников с редкостойными соснами. Разрастание этого кустарника приводит к практически полному использованию влагозапаса, накопившегося в почвогрунтах вследствие выпадения атмосферных осадков и таяния снежного покрова, что затрудняет восстановление хвойных лесов в густых абрикосниках и говорит о постепенном вытеснении сосны более адаптированным к аридизации климата абрикосом сибирским (Бажа и др., 2020).

На КУ «Налайх», представляющем юго-западные отроги хребта Хэнтэй, к настоящему времени все бывшие массивы лиственных лесов, приуроченные к циркообразным западинам, террасовидным уступам и пологим шлейфам, уступили свои экотопы ерниковым сообществам из березы бурой (*Betula ovalifolia*). Оставшиеся массивы средневозрастного леса представлены фрагментированными участками, вкрапленных в массивы низкорослых березняков. Сообщества, сложенные *Betula ovalifolia*, занимают около 85% всей лесопокрытой площади участка и имеют четкую приуроченность к склонам северной, северо-западной и северо-восточной экспозиции. Наличие зарослей этой березы указывает на достаточно холодные, избыточно влажные почвы. Зимой, во время снегопадов, ветровой поток, проходя над зарослями кустарниковой березы, сильно тормозится, сугробы здесь могут превышать 1 м, тогда как в лиственничнике они значительно ниже или вообще отсутствуют. В результате в этих зарослях образуются большие запасы влаги, которые весной насыщают почву. Высокие значения влажности поверхностных почвогрунтов, близкие к полному насыщению влагой, препятствуют возобновлению здесь лиственницы сибирской. Расчет площадей экосистем с такими условиями показывает, что на этом ключевом участке территории с потенциальными условиями для естественного возобновления этой породы уменьшились на 50-60% именно вследствие повышенной влажности почвогрунтов (Бажа и др., 2016, 2019). Похожие сообщества из *Betula ovalifolia* были обнаружены нами и на КУ «Дзун-Мод». Таким образом, сукцессии, связанные с развитием ерниковых сообществ на месте лиственных лесов характерны для значительной территории, относящейся к юго-западным отрогам Хэнтэя.

В зависимости от природно-климатических условий и характера антропогенных нагрузок

кустарниковые сукцессии идут различными путями. На МП «Салхит» были выявлены закономерности развития лесных экосистем на песчаных массивах, нарушенных рубками и подверженных обезлесению. Здесь восстановление древесной растительности значительно осложняется активными эоловыми процессами на вырубках, нередко приводящими к формированию на месте леса массивов подвижных песков. В случае, если исходная экосистема все же восстанавливается, этот процесс занимает довольно значительное время (более 100 лет), причем зарастание песков может идти двумя путями, однако, как правило, без смены пород, но со значительным участием вяза мелколистного. На первых этапах восстановления ведущая роль всегда принадлежит пионерам-псаммофитам, группировки которых в дальнейшем могут смениться либо остепненными травяными сообществами, либо довольно густыми кустарниковыми зарослями из *Caragana microphylla* и *Prunus pedunculata*. Восстановление леса в таких зарослях возможно только при изреживании кустарникового яруса, лимитирующего влагообеспеченность прорастания семян деревьев и развития подроста.

На низкогорных массивах МП «Салхит» на склонах северной экспозиции выявлены постлесные кустарниковые сообщества с разнообразными лесными видами (спирея средняя, береза повислая, шиповник и др.), индицирующими существование в исторический период экосистем сосновых и лиственничных островных лесов. Свидетельством бывшего распространения на этой территории лесостепного ландшафта служат мозаично встречающиеся отдельные деревья и их группы из сосны обыкновенной, приуроченные к скальным останцовым возвышенностям.

Более выраженные варианты постлесных сукцессий и сохранившиеся сосновые леса были изучены на КУ «Шарын-гол», расположенном на одинаковой с МП «Салхит» широте и в той же Селенгинско-Орхонской провинции. Более половины лесных экосистем этого КУ нарушены выпасом и рубкой, а в подлеске отмечено большое участие курильского чая *Dasiphora fruticosa*. Обычно этот светолюбивый мезофитный кустарник произрастает по опушкам и в «окнах» древостоя, а в случае изреживания насаждений проникает под полог леса, где, активно разрастаясь, создает конкуренцию для подроста. В настоящее время произрастающие здесь сосновые леса практически не самовозобновляются. Подобная ситуация регистрировалась в том числе и на КУ «Борнур». В будущем лесные сообщества этих участков могут полностью смениться кустарниковыми из *Dasiphora fruticosa*. Однако здесь возможно искусственное возобновление леса в результате сложившихся благоприятных условий почвенного увлажнения под зарослями курильского чая. Таким образом, заросли курильского чая служат индикатором пригодности для произрастания леса (Гунин и др., 2017).

На западной периферии монгольской части бассейна Байкала на МП «Тосонцэнгэл» характер протекания деградационных процессов определяется трансграничным взаимодействием с ландшафтами Центрально-Азиатского бессточного бассейна и во многом обусловлен значительным распространением песчаных массивов, а также широтным направлением основных потоков ветра, переносящих и переотлагающих песок, выдуваемый из Котловины Больших Озер. Результатом суммарного воздействия эоловых процессов и пастбищной дигрессии стало распространение псаммофильного пустынно-степного кустарника караганы Бунге (*Caragana bungei*), что привело в свою очередь к формированию на пастбищах карагановых зарослей с высоким покрытием этого кустарника. С этих трансформированных пастбищ карагана проникает и под полог леса, что приводит к формированию уникального типа лесных сообществ, где древесный ярус представлен таежным видом (*Larix sibirica*), а кустарниковый – пустынно-степным (*Caragana bungei*). Этот вид кустарника может представлять собой серьезную угрозу, препятствующую возобновлению лиственничных лесов Монголии, произрастающих в жестких условиях существования ввиду недостатка влаги и питательных элементов, резких колебаний погоды, пастбищного пресса, пожаров, незаконных рубок, вспышек насекомых-вредителей (Гунин и др., 2015а, 2017).

Здесь же на западной границе бассейна Байкала в отдельных случаях наблюдается смена лиственничных лесов зарослями караганы колючей (*Caragana spinosa*), светлолюбивого ксеромезофитного кустарника. Исследования почвенной влажности под разными местообитаниями и требовательность *Caragana spinosa* к влаге позволяют сделать вывод о том, что этот кустарник может маркировать экотопы, пригодные для искусственного лесоразведения (Гунин и др., 2016).

Деградация богарных земель. Хозяйственное использование агроэкосистем в пределах обеих исследованных частей бассейна Байкала сопровождается ярко выраженными деградационными

процессами. Главными диагностическими признаками почвенной деградации сильнонарушенных богарных земель являются процессы дегумификации, потеря мелкозема в пахотных горизонтах и усиление опесчаненности поверхностных горизонтов почвы. Степень проявления этих процессов во всех разновидностях каштановых почв зависит от расположения распаханых залежных участков в различных типах ландшафтов и определяется литологическим составом почв и их положением по отношению к ветровому режиму.

Самыми значительными показателями дегумификации (до 50-60%) и снижения мелкозема (до 40-50%) характеризуются выделы экосистем с каштановыми почвами легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные) в ландшафтах умеренно-сухих степей (КУ «Куйтун-1» и «Усть-Киран», МП «Салхит»). Несмотря на относительно длительный период нахождения распаханых земель в залежном состоянии, формирование сообществ из бывших доминантных видов происходит замедленными темпами. На КУ «Усть-Киран» стадия сорных и однолетних видов полыней и разнотравья уже пройдена, и в настоящее время растительный состав представлен мелкой мозаикой из монодоминантных парцелл. На КУ «Куйтун-1» зарастанию залежей высшей растительностью препятствует образовавшийся на поверхности мохово-лишайниковый покров. Процесс «закоривания почв», обнаруженный нами в экосистемах, приводит не только к особому типу деградации пастбищной растительности, но способствует истощению ее водного потенциала (Гунин и др., 2018).

Все щебнистые разновидности почв отличаются процессами «гаммадизации» поверхности, приводящими к снижению водного потенциала ландшафтов сухих степей (МП «Сэргэлэн» и «Унджул»). Основным диагностическим признаком деградации каштановых почв на залежах, наиболее четко проявляющимся в сухих степях, является выдувание и плоскостной смыв мелкозема из гумусового горизонта. Как и в других типах местности, это приводит к уменьшению гумусовых горизонтов. В то же время, необходимо отметить, что данный процесс на суглинисто-щебнистых почвах сухих степей менее выражен и приводит к укорачиванию почвенного профиля всего на 5-6 см, что связано с формированием щебнисто-каменистого панциря, который играет защитную функцию от выноса мелкозема из нижележащих горизонтов.

Средними значениями дегумификации (до 30-50%) и снижением содержания мелкозема (до 20-40%) отличаются выделы экосистем с каштановыми легкосуглинистыми почвами, которыми характеризуются ландшафты умеренно-влажных степей (МП «Салхит»). И, наконец, самыми незначительными процессами деградации почвенного покрова богарных земель с дегумификацией, не превышающей 5-10%, характеризуются выделы экосистем с каштановыми почвами лессовидного среднесуглинистого состава, относящиеся к ландшафтам умеренно-влажных степей и лесостепей (МП «Шамар-Дзун-Бурэн», КУ «Шамар»; Бажа и др., 2018).

При этом, проблема деградации пахотных земель с почвами легкого (супесчано-песчаного) гранулометрического состава особенно остро стоит как на территории Бурятии, так и Монголии, поскольку природные условия здесь весьма неблагоприятны для развития земледелия, а используемые в хозяйстве технологии и приемы стимулировали негативные экзогенные процессы, как это было зарегистрировано на КУ «Куйтун-1», «Усть-Киран» и на МП «Салхит».

В последнее время наблюдается тенденция к увеличению площади залежей в связи с выводом истощенных земель из хозяйственного использования и произошедшей структурной перестройкой сельского хозяйства. Современная динамика залежных земель характеризуется преобладанием процессов расселения сорно-рудеральных растений, которое в настоящее время приобрело в ряде регионов угрожающие масштабы. Экспансия синантропных видов влечет за собой, в том числе, социальные проблемы, и создает значительную угрозу для общества, обусловленную тем, что некоторые из таких растений содержат наркотические вещества (алкалоиды, гликозиды). Это касается, прежде всего, конопли (*Cannabis sativa*), которая господствует в составе фитоценозов на залежных землях Северной Монголии (МП «Шамар-Дзун-Бурэн» и «Салхит») и приграничных районах Бурятии (КУ «Усть-Киран»).

Изучение техногенных ландшафтов. Из всех видов хозяйственного освоения территорий разработка месторождений полезных ископаемых вызывает наиболее значительные изменения природной среды, затрагивающие все компоненты ПТК. Возникающие при разработках месторождений карьеры, шахты, отвалы, загрязнение воздуха и поверхностных и подземных вод создают неблагоприятную экологическую обстановку. Так, на КУ «оз. Гусиное» отвалы вскрышных

пород Холбольджинского угольного разреза, растянутые почти на 9 км вдоль восточного берега озера, загрязняют само озеро, снабжающее населенные пункты водой. Кроме того, происходит и загрязнение воздуха при пылении отвалов и разгорающихся углей внутри них. В настоящее время здесь проводятся лесо- и агромелиоративные мероприятия, поэтому этот участок представляет собой интерес с точки зрения изучения возможностей экологической реабилитации техногенно-измененных экосистем, что требует исследования структуры, условий функционирования и динамики формирующихся природно-техногенных систем. На отвалах нами было выделено 12 рудеральных группировок: гусинолапчатково-житняковая, полынно-житняковая, холоднополынная, твердоватоосоковая, тростниковая и др.

В монгольской части бассейна был исследован КУ «Шахта» на территории Налайхского бурогоугольного месторождения, промышленная разработка которого в настоящее время также прекращена, но добыча продолжается частным образом путем стихийно возникающих мини-шахт глубиной 5-15 м, уголь из которых извлекается вручную нелегальными углекопами. Экосистемы участка практически полностью утратили естественный рельеф, почвенный и растительный покров. Они нуждаются в срочной глубокой рекультивации. Растительность этого участка состоит из различных группировок растений, образующих комбинации на техногенных буграх и межбугорных пространствах. Восстановительные процессы дополнительно осложняются выпасом скота. Они характеризуются 7 стадиями, которые начинаются с первичных группировок змееголовниково-солянковой на буграх, маревой и выюнковой на межбугорных пространствах. Далее продолжают в направлении полынных и вострецовых стадий, заканчиваясь дигрессионным холоднополынно-твердоватоосоковым вариантом ковыльных степей.

Выводы

В результате многолетних исследований ландшафтов бассейна оз. Байкал были прослежены основные закономерности современного антропогенного воздействия на разные типы экосистем на территории российской и монгольской частей. При этом проведена комплексная инвентаризация экосистем, дана оценка степени их нарушенности, выявлены главные деградационные процессы, определяющие их структуру и функционирование, и детально изучены механизмы их воздействия.

Среди видов хозяйственной деятельности, оказывающих влияние на структуру и функционирование ландшафтов бассейна, ведущая роль принадлежит экстенсивным видам природопользования: животноводству, лесному хозяйству и земледелию, а также горнодобывающей отрасли.

Антропогенная динамика пастбищных экосистем на территории монгольской части бассейна отличается прогрессирующим развитием пастбищной дигрессии, охватывающей все большие площади. Здесь резко увеличилась доля полностью трансформированных пастбищ, на месте которых формируются монодоминантные растительные сообщества из инвазийных видов. На данный момент наиболее широко распространены средне- и сильнонарушенные пастбища, на которых коренная степная растительность уже заменена менее продуктивными сообществами с преобладанием сорных и непоедаемых видов.

В российской части бассейна Байкала снижение численности поголовья скота привело к замедлению процессов пастбищной дигрессии и к восстановлению растительного покрова пастбищ. С другой стороны, появление на значительных территориях бесхозных пастбищ после упразднения коллективных хозяйств приводит на отдельных площадях к их непрофильному использованию.

По всему бассейну Байкала происходит направленное сокращение общей площади лесов, вызванное необратимыми сменами растительного покрова на гарях, вырубках и участках лесов, погибших от насекомых, которое ведет к формированию травяных и кустарниковых сообществ, и, следовательно, к закустариванию и остепнению лесопригодных экотопов. Особенно яркие и быстрые темпы деградации лесов были обнаружены нами на КУ «Налайх», «Шарын-гол», «Шамар» и КУ «Куйтун-1».

Распашка земель в обеих частях бассейна происходила крупными массивами, без учета ландшафтной структуры территории, литологического состава почв и положения относительно ветрового режима, поэтому деградация богарных почв сопровождается истощением плодородия почв, развитием эрозии и локально – опесчаниванием. При этом значительным деградационным

процессам подвержены почвы легкого (супесчано-песчаного) гранулометрического состава. В настоящее время большая часть земель российской части бассейна переведена в залежи, находящиеся на разных стадиях восстановления.

За последние десятилетия увеличилась площадь техногенных экосистем, связанных с разработкой полезных ископаемых. Естественное восстановление таких экосистем растянуто во времени, а рекультивационные работы на отвалах горнодобывающей промышленности часто проводятся с большим опозданием и в недостаточном объеме. В результате этого формируются значительные участки, не только непригодные для хозяйственной деятельности, но и создающие опасность для здоровья населения даже при невысоком классе опасности отходов угледобывающей отрасли.

Таким образом, проведенные исследования позволили нам выделить на территории бассейна Байкала следующие основные экологические проблемы, возникающие в результате интенсификации антропогенных воздействий:

- инвазии опасных видов растений (внедрение алкалоидных растений *Artemisia adamsii*, *Cannabis sativa*, *Ephedra sinica*);
- закустаривание пастбищных степных экосистем (замещение типичных доминантных видов трав кустарниками и полукустарничками *Artemisia adamsii*, *A. frigida*, *Caragana bungei*, *C. microphylla*, *C. stenophylla*, *Prunus pedunculata* и др.);
- обезлесивание (формирование на вырубках и гарях бореальных лесов кустарниковых сообществ из *Betula ovalifolia*, *Caragana bungei*, *C. microphylla*, *C. spinosa*, *Dasiphora fruticosa*, *Prunus pedunculata*, *P. sibirica*, *Spiraea hypericifolia*, *S. media*);
- опустынивание экосистем с песчано-щебнистыми почвами (разрушение дернового горизонта и формирование эолового рельефа с пустынно-степными псаммофитами: *Agriophyllum squarrosum*, *Allium polyrhizum*, *Corispermum mongolicum*, *Peganum nigellastrum*, *Psammochloa villosa*);
- обеднение пастбищных сообществ гидроморфных экосистем и разрастание малопоедаемых и непоедаемых видов: *Artemisia adamsii*, *A. commutata*, *A. laciniata*, *Carex duriuscula*, *Iris lactea*, *Potentilla acaulis* и др. в деградированных экосистемах;
- формирование «бедлендов» на территориях горнодобывающей отрасли и локальных зон с неблагоприятной экологической обстановкой.

Проведенные исследования по крупномасштабному ландшафтно-экологическому картографированию модельных полигонов и ключевых участков бассейна Байкала позволили охватить основные типы наземных экосистем и составить не только их инвентаризационный перечень, но и определить пространственное распределение факторов и процессов их дестабилизации, дифференцировать участки экосистем, находящиеся на разных стадиях дестабилизации, а также провести детализацию механизмов развития этих процессов.

Для целей развития сети станций фонового мониторинга в Байкальском регионе подготовлена детальная цифровая картографическая база, которая может служить в настоящий период «нулевой точкой отсчета» для последующей оценки состояния экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антропогенная трансформация природных систем и социально-экономические последствия в бассейне р. Селенги. 2012 / Ред. Б.Л. Раднаев. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. 260 с.
- Бажа С.Н., Басхаева Т.Г., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч. 2019. Основные пути обезлесения лесостепных ландшафтов на южной границе бореальных лесов в Монголии // Лесной вестник. Т. 23. № 2. С. 45-54.
- Бажа С.Н., Басхаева Т.Г., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Мигалина С.В., Рупышев Ю.А., Убугунова В.И., Богданов Е.А., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г., Цэрэнханд Г., Шинэхуу Т. 2020. Эколого-биологические особенности распространения абрикоса сибирского (*Prunus sibirica* L.) в южной части бассейна р. Селенга // Аридные экосистемы. Т. 26. № 4 (85). С. 3-13. [Bazha S.N., Baskhaeva T.G., Danzhalova E.V., Drobyshev Yu.I., Ivanov L.A., Ivanova L.A., Migalina S.V., Rupyshv Yu.A., Ubugunova V.I., Bogdanov E.A., Khadbaatar S., Tsyrempilov E.G., Tserenkhand G., Shinekhuu T. Ecological and Biological Features of the Distribution of the Siberian Apricot (*Prunus sibirica* L.) in the Southern Part of the Selenga River Basin // Arid Ecosystems. Vol. 10. No. 1. P. 284-292.]
- Бажа 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.
- Бажа С.Н., Гунин П.Д., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Ариунболд Э., Мягмарсүрэн Д., Хадбаатар С., Цэрэнханд Г. 2015. Инвазийные сукцессии как индикатор опустынивания сухих степей на примере Центральной Монголии // Российский журнал биологических инвазий. Т. 8. № 3. С. 2-21.
- Бажа С.Н., Балданов Б.Ц., Басхаева Т.Г., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч., Концов С.В., Убугунова В.И., Хадбаатар С., Гунин П.Д. 2016. Диагностические признаки лесовосстановительного потенциала *Larix sibirica* Ledeb. в экосистемах на южной границе бореального пояса Азии // Аридные экосистемы. Т. 22. № 3 (68). С. 32-41. [Bazha S.N., Baldanov B.Ts., Baskhaeva T.G., Danzhalova E.V., Drobyshchev Yu.I., Dugarjav Ch., Kontsov S.V., Ubugunova V.I., Khadbaatar S., Gunin P.D. 2016. Diagnostic features of reforestation potential of *Larix sibirica* Ledeb. in ecosystems at the southern boundary of the boreal belt in Asia // Arid Ecosystems. Vol. 6. No. 3. P. 169-176.]
- Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С. 2018. Трансформация наземных экосистем южной части бассейна Байкала. М.: КМК. 2018. 402 с.
- Бешенцев А.Н. 2008. Геоинформационная оценка природопользования. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 120 с.
- Виноградов Б.В. 1984. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука. 320 с.
- Востокова Е.А., Гунин П.Д., Казанцева Т.И., Прищепина А.В., Бажа С.Н. 2004. Региональный экологический мониторинг на основе крупномасштабного картографирования экосистем // Аридные экосистемы. № 3. С. 103-116.
- Герасимов И.П. 1975. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Известия АН СССР. Серия «Географическая». № 3. С. 13-25.
- Гомбоев Б.О. 2006. Аграрное землепользование Внутренней Азии. Новосибирск: СО РАН. 225 с.
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Балданов Б.Ц., Басхаева Т.Г., Дробышев Ю.И., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г. 2016. Роль и значение *Saragana spinosa* в постлесных сообществах западного мегасклона Хангайского нагорья // Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование. Материалы XIII Убсунурского международного симпозиума. Кызыл: Изд-во ТувГУ. С. 33-37.
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Балданов Б.Ц., Басхаева Т.Г., Дробышев Ю.И., Дугаржав Ч., Концов С.В., Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Хадбаатар С., Цыремпилов Э.Г. 2017. Обезлесение – одна из важнейших экологических проблем бассейна озера Байкал // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 3. С. 38-99. [Электронный ресурс <http://ecosystemsdynamic.ru/wp-content/uploads/2017/09/3-Гунин-статья.pdf> (Дата обращения 06.09.2020)].
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дмитриев И.А., Дробышев Ю.И., Казанцева Т.И., Микляева И.М., Огуреева Г.Н., Слемнев Н.Н., Титова С.В., Ариунболд Э., Батцэрэн Ц., Жаргалсайхан Л. 2012. Распространение *Ephedra sinica* в экосистемах сухих степей Восточной и Центральной Монголии // Аридные экосистемы. Т. 18. № 1. С. 18-25. [Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Dmitriev I.A., Drobyshchev Yu.I., Kazantseva T.I., Miklyaeva I.M., Ogureeva G.N., Slemnev N.N., Titova S.V., Ariunbold E., Battseren C., Jargalsaikhan L. 2012. Expansion of *Ephedra sinica* Stapf. in the arid steppe ecosystems of Eastern and Central Mongolia // Arid Ecosystems. Vol. 2. No. 1. P. 18-33.]
- Гунин П.Д., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Дробышев Ю.И., Иванов Л.А., Иванова Л.А., Казанцева Т.И., Мигалина С.В., Микляева И.М., Ронжина Д.А., Ариунболд Э., Хадбаатар С., Цоож Ш., Цэрэнханд Г. 2015а. Региональные особенности процессов опустынивания экосистем на границе бассейна Байкала и Центральноазиатского бессточного бассейна // Аридные экосистемы. Т. 21. № 3 (64). С. 5-22. [Gunin P.D., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Drobyshchev Yu.I., Ivanov L.A., Ivanova L.A., Kazantseva T.I., Migalina S.V., Miklyaeva I.M., Ronzhina D.A., Ariunbold E., Khadbaatar S., Tsooj Sh., Tserenkhand G. 2015. Regional features of desertification processes of ecosystems on the border of the Baikal basin and Central Asian internal drainage basin // Arid Ecosystems. Vol. 5. No. 3. P. 117-133.]
- Гунин П.Д., Дугаржав Ч., Востокова Е.А., Саандарь М., Панкова Е.И., Адъяа Я., Бажа С.Н., Доржсүрэн Ч., Андреев А.В., Воробьев К.А., Петухов И.А., Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Дорофеюк Н.И., Оюунгэрэл Ж., Энхтайван Д., Оюунгэрэл Б., Даши Д. 2015б. Атлас «Экосистемы Монголии» как научная основа экологического мониторинга // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития: Материалы Международной конференции. Т. 1. Улан-Батор: “Terkhchandmani” Co., Ltd. С. 32-35.
- Гунин П.Д., Убугунов В.Л., Рупышев Ю.А., Убугунова В.И., Бажа С.Н., Балсанова Л.Д., Балданов Б.Ц., Буянтуева Л.Б., Харпухаева Т.М., Холбоева С.А., Петухов И.А., Цыремпилов Э.Г. 2018. О роли биотических и абиотических факторов в процессах закоривания почв залежных земель Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. Т. 24. № 3 (76). С. 11-24. [Gunin P.D., Ubugunov V.L., Rupyshchev Yu.A., Ubugunova V.I., Bazha S.N., Balsanova L.D., Baldanov B.Ts., Buyantueva L.B., Harpuhayeva T.M., Holboeva S.A., Petukhov I.A., Tsyrempilov E.G. 2018. Role of Biotic and Abiotic Factors in the Processes of Soil Encrustation on Fallow Lands of the Barguzin Hollow // Arid Ecosystems. Vol. 8. No. 3. P. 161-172.]

- Дгебуадзе Ю.Ю., Дорофеев Н.И., Крылов А.В.* (ред.) 2009. Водные экосистемы бассейна Селенги // Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. Т. 55. М.: Россельхозакадемия. 406 с.
- Израэль Ю.А.* 1979. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат. 375 с.
- Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. 1993. Пущино: Изд-во ПНЦ РАН. 203 с.
- Панкова Е.И., Соловьев Д.А.* 1993. Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв. М.: РАСХН. 191 с.
- Снытко В.А., Коновалова Т.И., Атутова Ж.И.* 2013. Геосистемы Байкальской природной территории // Актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Улан-Удэ, 28-29 марта 2013 г. / Ред. Ц.Д. Гончиков. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. С. 99-104.
- Тулохонов А.К.* 1996. Байкальский регион: проблемы устойчивого развития. Новосибирск: Наука. 208 с.
- Тулохонов А.К.* 2012. Мифы и реальность Байкальской проблемы в зеркале современных дискуссий // Вестник БНЦ СО РАН. № 1 (5). С. 17-25.
- Убугунов В.Л., Гунин П.Д., Бажа С.Н., Дробышев Ю.И., Убугунова В.И.* 2017. Иссущение почв как показатель опустынивания лесостепных экосистем Баргузинской котловины // Аридные экосистемы. Т. 23. № 3. С. 17-31. [*Ubugunov V.L., Gunin P.D., Bazha S.N., Drobyshev Yu.I., Ubugunova V.I.* 2017. Soil desiccation as indicator of desertification of forest-steppe ecosystems in the Barguzin depression // *Arid Ecosystems*. Vol. 7. No. 3. P. 142-154.]
- Экологический атлас бассейна оз. Байкал. 2015. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 140 с.
- Экосистемы бассейна Селенги. 2005 / Ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. М.: Наука. 359 с.
- The Plant List. 2013 [Электронный ресурс <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения 5.10.2020)].