

УДК 911.9 (571.62)

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ,
НАРУШЕННЫХ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧЕЙ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

З. Г. Мирзеханова, А. В. Остроухов

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
E-mail: lorg@iver.as.khb.ru, Ostran2004@bk.ru,
ул. Дикопольцева, 5б, 680000, г. Хабаровск, Россия*

Дан краткий анализ теоретических аспектов изучения устойчивости природных систем в зависимости от целевых направлений исследований. Обоснована возможность использования бассейново-ландшафтной концепции природопользования для анализа трансформации геосистем, нарушенных россыпной золотодобычей. На примере модельного участка, расположенного в пределах Кет-Капского рудно-россыпного узла, представлены данные по степени трансформации территории, выполнены средне- и крупномасштабные ландшафтные карты с помощью современных методов дистанционного зондирования Земли. Приведены количественные показатели степени преобразования долинных природных комплексов в процессе отработки россыпей в зависимости от порядка речного бассейна. Показано значение применения данных дистанционного зондирования Земли для оценки степени трансформации природных систем на региональном и локальном уровне на объектах россыпной золотодобычи.

Устойчивость, природные комплексы, ландшафтный анализ, бассейновый подход, россыпная золотодобыча, дистанционное зондирование Земли, бассейны рек, р. Буор-Сала

DOI: 10.15372/FTPRPI20180309

Россыпная золотодобыча — один из наиболее изученных видов природопользования с точки зрения как геологических и ресурсных параметров, так и экологических последствий производства. Несмотря на значительный объем публикаций, отображающих различные аспекты влияния этого вида деятельности на природные комплексы в целом или их компоненты в частности, не утихают научные споры, касающиеся итоговых выводов относительно степени воздействия на геосистемы и устойчивости последних к этому воздействию [1]. Часть ученых доказывают катастрофичность экологической ситуации на территориях, измененных россыпной золотодобычей, признавая локальность влияния нагрузки, сопровождаемой значительной глубиной преобразования природных систем. Оппоненты, опираясь также на локальность воздействия, в качестве аргументов приводят доказательства высокого потенциала восстановления природных комплексов и преобладающего механического воздействия, которое без особых последствий устраняется внутренними механизмами саморегуляции геосистем. В целом дискуссия ведется относительно устойчивости природных систем (ПС) к этому виду хозяйственной деятельности, которая в значительной степени зависит от характера и масштабов их преобразования.

Цель настоящей публикации — анализ трансформации природных систем, максимально преобразованных в процессе освоения россыпных месторождений золота с позиции ландшафтного и бассейнового подходов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Понятие “устойчивости природных территориальных систем” употребляется при решении конкретных задач для оценки антропогенной нагрузки. Предпринимаются попытки теоретически определить сущность понятия, рассчитать количественные параметры регламентов хозяйственной деятельности и сформировать стратегию природопользования с учетом полученных данных. В отношении недропользования справедливо суждение о том, что одну универсальную стратегию развития минерально-сырьевой отрасли и экологической составляющей в России выработать крайне сложно, учитывая размеры страны и особенности ее географического положения, многообразие видов полезных ископаемых и способов их извлечения [2]. Между тем общие признаки, характерные для разработки месторождений конкретного вида полезного ископаемого, с учетом специфики как объектов эксплуатации, технологий их добычи и обогащения, так и экологических регламентов позволяют оптимизировать ресурсно-экологическую деятельность отрасли.

Многие исследования, в частности [3–5], посвящены анализу устойчивости по отношению к внешнему, хозяйственному воздействию. Полученные результаты имеют качественные характеристики, которые используются для сравнительных оценок. В большинстве случаев речь идет об устойчивости природных и природно-антропогенных комплексов, которые могут противостоять хозяйственной деятельности. Устойчивость природных комплексов проявляется в способности к сохранению функционирования в естественных границах. Кроме того, устойчивость ПС рассматривается как свойство к восстановлению нормального функционирования после прекращения техногенного воздействия и проявляется через скорость восстановления [6].

Целевые задачи исследования устойчивости ПС ориентированы на принятие решений по оптимизации антропогенных процессов и должны быть направлены на определенные регламенты той или иной хозяйственной деятельности. От этого зависит обоснование и выбор таксономической ступени территориального объекта, в границах которого выполняются анализ устойчивости ПС и разработка последующих рекомендаций. Оперативной единицей исследования особенностей трансформации геосистем в рамках недропользования служат бассейны или ландшафты. Учитывая специфику россыпной золотодобычи, следует отметить комбинированный вариант исследований, согласно бассейново-ландшафтной концепции природопользования. В ее основе лежат следующие принципы: “географическая оболочка обладает бассейновой и ландшафтной иерархией; бассейновые системы характеризуются ландшафтной “организованностью”; в пределах бассейново-ландшафтных систем взаимосвязаны природные условия и хозяйственная деятельность; бассейново-ландшафтные системы — оптимальные территориальные единицы мониторинга природной среды” [7]. При этом бассейны малых рек и ландшафты низких иерархических таксонов имеют локальный масштаб, но наибольшую распространенность и приемлемую совместимость границ на элементарном уровне.

Спорным моментом является несовпадение границ бассейнов высоких порядков и ландшафтных единиц высокого иерархического ранга, но на уровне низких иерархических рангов территориального деления противоречия нивелируются. Сопряжение ландшафтного и бассейнового

подходов позволяет широко применять данный подход при оценке устойчивости для многих видов природопользования, в первую очередь для анализа преобразования ПС в процессе россыпной золотодобычи.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ РОССЫПНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧЕ

Главное отличие разработки россыпных месторождений от других типов природопользования состоит в тесной корреляции с геолого-металлогеническими особенностями территории, в направленности выбора стратегии освоения, ориентированной на решение проблемы рационального извлечения минерального сырья, в доминировании механического воздействия на компоненты геосистем и др. [1, 8, 9].

Специфика пространственной локализации россыпных месторождений, обрабатываемых гидравлическим способом, проявляется в их приуроченности к бассейнам водотоков преимущественно низких (I–III) порядков, выделяющихся относительной однотипностью ландшафтных комплексов. В пределах бассейнов более высоких порядков типология ландшафтов гораздо сложнее. Несмотря на то, что горное производство затрагивает главным образом геосистемы долин, внутрикомпонентные связи всего ландшафтного комплекса бассейна определяют устойчивость территориальных систем в целом. Поэтому для оценки воздействия россыпной золотодобычи возможно использование и бассейнового, и ландшафтного подходов, а также их комбинации.

При отработке россыпных месторождений золота формируются сложные природно-техногенные системы, отличающиеся особенностями сложившихся связей, изучение которых предусматривает применение комплексного подхода. Практически все изменения на территории россыпных месторождений связаны с механическими нарушениями ландшафтообразующих комплексов речных долин. Это антропогенное воздействие обуславливает преобразование коренных геосистем, развитие которых впоследствии некоторое время может происходить в топологическом направлении.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки степени преобразования природных комплексов территории, нарушенной россыпной золотодобычей, проведены детальные комплексные исследования на ряде россыпных месторождений Хабаровского края [1, 9]. Некоторые из них обрабатывались неоднократно.

В качестве эталонных объектов послужили ПС бассейнов долин водотоков I–IV порядков в пределах Кет-Капского рудно-россыпного узла, расположенного на северо-западе Аяно-Майского района. Выбор данной территории объясняется наибольшей степенью ее трансформации вследствие отработки россыпных месторождений золота; другие виды природопользования здесь отсутствуют [1, 9]. Это один из самых золотоносных участков края, выделяющийся высоким техногенным воздействием, поэтому все полученные результаты имеют максимальное значение.

При выделении рек различных порядков использовалась иерархическая схема [10], в которой приводораздельные неразветвленные реки имеют I порядок. Сливаясь, две реки I порядка образуют реку II порядка, которая может принять любое число притоков I порядка. Слияние двух притоков II порядка образует реку III порядка и т. д. Самый большой ранг присваивается не всей реке, а лишь ее участку основного течения после впадения в него притока с предыдущим рангом.

По физико-географическому районированию СССР [11], территория Кет-Капского рудного узла относится к провинции Алданского нагорья, Северо-Байкальской области горной части Прибайкалья и Забайкалья. Она занимает междуречье рек Омня, Мая, Маймакан, Учур. В этих пределах его суммарная площадь составляет около 3 000 км². Территория находится в зоне распространения Прибайкальско-Забайкальского варианта среднетаежных ландшафтов бореального резко континентального типа. Для данной территории наиболее подробная карта ландшафтов создана в масштабе 1:1 000 000, что не соответствует требуемому уровню пространственной детализации в рамках обозначенных задач.

Нами на основе опубликованных карт (геологической, геоморфологической и др.), данных цифровой модели рельефа (ЦМР) (база данных SRTM 4.1 [12]) и их производных, а также спутниковых снимков (Landsat 5, 7 и Aster [12–14]) в программной среде ArcGIS 10.1 разработана ландшафтная карта территории в масштабе 1:500 000. Кроме того, с учетом данных дистанционного зондирования земли (ДДЗЗ) высокого пространственного разрешения для этой территории выделены участки, нарушенные россыпной золотодобычей. Для анализа трансформации природных систем в их пределах наряду со снимками среднего пространственного разрешения (Aster, 15 м/пикс) использовались снимки высокого разрешения GeoEye (0.5 м/пикс) через сервис ArcGIS WorldImagery [15]. Особо отметим, что именно возможности современных геоинформационных технологий, отражающих в едином информационном пространстве разнородные данные, являются основой как экологического мониторинга, так и долговременного прогноза развития природной среды [16].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В пределах района исследований выделено 20 подвидов ландшафтов, относящихся к 7 видам 3 классов (табл. 1). Здесь преобладают ландшафты низкогорных (500–1000 м) наклонных плато с кедровым стлаником, лиственничным редколесьем, лиственничниками, лиственничными марями на буроземах оподзоленных и подбурах таежных. Природные комплексы данного типа занимают 71.5 % общей площади территории, для них характерен незначительный (менее 1 %) уровень антропогенного преобразования.

Аккумулятивно-эрозионные ландшафты долин рек IV–V порядков (5.6 %) практически не затронуты россыпной золотодобычей. Эрозионно-аккумулятивные ландшафты долин горных рек II и III порядков имеют ограниченное распространение в пределах Кет-Капского рудно-россыпного узла — 4.4 %. Они представлены природными комплексами с ивово-тополево-чозениевыми, еловыми, лиственничными, хвойно-мелколиственными лесами на аллювиальных почвах. Здесь сосредоточено 45 % площадей, подвергшихся обработке, что соответствует 3.1 % от площади распространения геосистем этого типа.

Природные комплексы речных долин I порядка, где находится 55 % отработанных площадей, не отражены в масштабе карты, и рассматриваются в границах вмещающих ландшафтов, что потребовало детализации исследований.

Более детальный анализ пространственной структуры отработанных площадей проводился для эталонного участка в границах бассейна р. Буор (приток IV порядка р. Бол. Аим). Для этой территории на основе ДДЗЗ, а также фондовых и архивных материалов в программной среде ArcGIS 10.1 созданы ландшафтная карта в масштабе 1: 100 000, карта гидрологической сети территории с выделением водотоков I–IV порядков, карта днищ речных долин и их водосборов, карта природных комплексов долин рек различного порядка, преобразованных россыпной золотодобычей (рис. 1, табл. 2).

ТАБЛИЦА 1. Ландшафты территории Кет-Капского рудно-россыпного узла

Наименование	Площадь		Площадь отработанных россыпей	
	км ²	% от общей площади территории	км ²	% от данного ландшафта
Класс: денудационно-тектонические глыбовые хребты	4606.9	15.6	23.9	0.5
Вид: низкогорные (500–1000 м) глыбовые хребты эрозионно-денудационные с расчленением платообразного (врезанного) типа, среднерасчлененные с кедровым стлаником, лиственничным редколесьем, лиственничниками, фрагментами ельников и сосняков на подбурях сухоторфянистых Al-Fe гумусовых и подбурях таежных Al-Fe гумусовых	2774.0	9.4	20.9	0.8
Вид: среднегорные (1000–2000 м) глыбовые хребты эрозионно-денудационные с расчленением платообразного (врезанного) типа, среднерасчлененные с горными тундрами, кедровым стлаником, лиственничным редколесьем на органогенно-щебнистых почвах, подбурях сухоторфянистых Al-Fe гумусовых, подбурях таежных Al-Fe гумусовых	1832.9	6.2	3.0	0.2
Класс: денудационные наклонные плато на осадочных породах	21 862.3	74.4	24.5	0.1
Вид: низкогорные (500–1000 м) наклонные плато на осадочных породах эрозионно-денудационные и денудационные с расчленением платообразного (врезанного) типа, среднерасчлененные с кедровым стлаником, лиственничным редколесьем, лиственничниками, лиственничными марями, фрагментами ельников и сосняков на буроземах оподзоленных, подбурях таежных Al-Fe гумусовых	21 003.4	71.5	24.0	0.1
Вид: среднегорные (1000–2000 м) наклонные плато на осадочных породах эрозионно-денудационные и денудационные, с расчленением платообразного (врезанного) типа, среднерасчлененные с кедровым стлаником, лиственничным редколесьем, лиственничниками, лиственничными марями на органогенно-щебнистых почвах, буроземах оподзоленных, подбурях сухоторфянистых Al-Fe гумусовых	858.9	2.9	0.5	<0.1
Класс: равнины межгорные и предгорные	2926.0	10.0	39.7	1.4
Вид: аккумулятивно-эрозионные поймы рек с ивово-тополево-чозениевыми, еловыми, лиственничными, хвойно-мелколиственными лесами и участками лиственничных марей и низинных болот на аллювиальных и болотных почвах	1082.5	3.7	—	—
Вид: аккумулятивно-эрозионные пологонаклонные равнины в долинах рек на высоких террасах с еловыми, лиственничными лесами и участками лиственничных марей и низинных болот на аллювиальных и болотных почвах	553.8	1.9	—	—
Вид: эрозионно-аккумулятивные долины рек с ивово-тополево-чозениевыми, еловыми, лиственничными, хвойно-мелколиственными лесами на аллювиальных почвах	1289.7	4.4	39.7	3.1
Итого	29 395.2	100.0	88.1	0.3

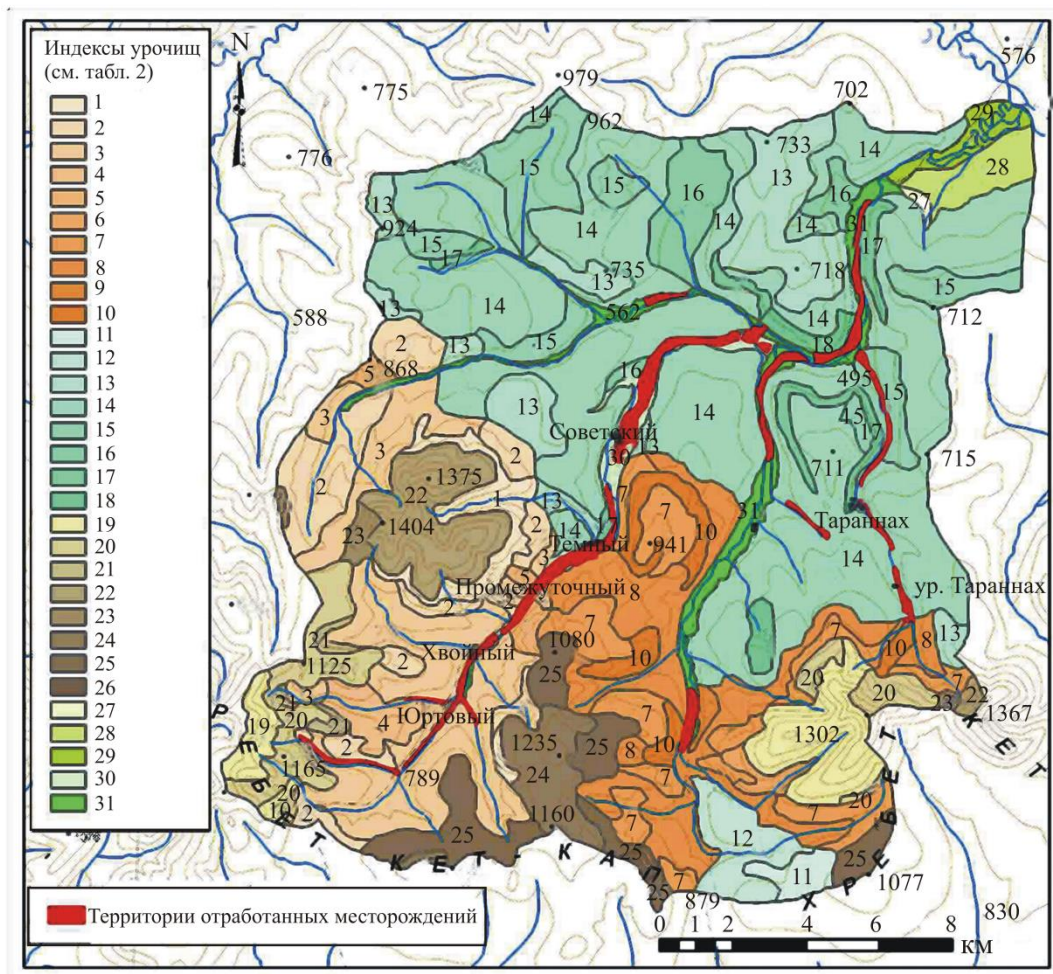


Рис. 1. Ландшафтная карта бассейна р. Буор

Модельный участок характеризуется 31 природным комплексом на уровне типа урочищ (табл. 2). Они относятся к 9 подвидам, 5 видам, 3 классам ландшафтов. Преобладающее распространение имеют среднетаежные низкогорные ландшафты наклонных плато (47.6 %) и глыбовых хребтов (30.3 %) с лиственными лесами (67 % растительного покрова плато и 51 % глыбовых хребтов). Ландшафты речных долин рек разного порядка занимают 6.4 % общей площади. Они представлены урочищами:

— аккумулятивно-эрозионных долин рек с лиственными, елово-лиственными лесами, пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевыми с примесью ели и лиственницы на горно-таежных и мерзлотно-таежных, аллювиальных и мерзлотно-таежных оторфованных почвах (7.2 %) (характерны для рек IV порядка);

— эрозионно-аккумулятивных долин рек с пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевыми с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таежных оторфованных почвах (3.1 %) (характерны для рек II–III порядков);

— эрозионно-аккумулятивных долин рек с пойменными хвойными и смешанными лесами, преимущественно елово-лиственными, лиственными, тополево-чозениевыми с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таежных оторфованных почвах (2.5 %) (характерны для рек I–II порядков).

ТАБЛИЦА 2. Легенда к ландшафтной карте бассейна р. Буор

Наименование	Индекс
1. Ландшафты низкогорий (500 – 1000 м)	
<i>Глыбовые хребты эрозионно-денудационные с расчленением горного (вырезанного) типа среднерасчлененные</i> с горными тундрами на горно-тундровых примитивных почвах	1
зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	2
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	3
елово-лиственничными лесами на буро-таежных и мерзлотно-таежных почвах	4
каменистыми осыпями с кедрово-стланиковым и лиственничным редколесьем	5
<i>с расчленением платообразного (врезанного) типа среднерасчлененные</i> с горными тундрами на горно-тундровых примитивных почвах	6
зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	7
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	8
елово-лиственничными лесами на буро-таежных и мерзлотно-таежных почвах	9
каменистыми осыпями с кедрово-стланиковым и лиственничным редколесьем	10
<i>наклонные плато на осадочных породах эрозионно-денудационные и денудационные с расчленением платообразного (врезанного) типа слаборасчлененные</i> с зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	11
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	12
<i>с расчленением платообразного (врезанного) типа среднерасчлененные</i> с зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	13
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	14
елово-лиственничными лесами на буро-таежных и мерзлотно-таежных почвах	15
маревыми лиственничными лесами на торфяно-глеевых почвах	16
каменистыми осыпями с кедрово-стланиковым и лиственничным редколесьем	17
гарями (до 10 лет) и пустолями (на месте гарей и рубок) лишенными лесной растительности	18
2. Ландшафты среднегорий на высотах 1000 – 2000 м	
<i>Глыбовые хребты эрозионно-денудационные с расчленением горного (вырезанного) типа слабо расчлененные</i> с горными тундрами на горно-тундровых примитивных почвах	19
зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	20
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	21
<i>с расчленением горного (вырезанного) типа среднерасчлененные</i> с горными тундрами на горно-тундровых примитивных почвах	22
зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	23
<i>с расчленением платообразного (врезанного) типа среднерасчлененные</i> с горными тундрами на горно-тундровых примитивных почвах	24
зарослями кедрового стланика с лиственничным редколесьем, примесью ольховника и ерника на горно-тундровых и мерзлотно-таежных почвах	25
лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	26
3. Ландшафты речных долин	
<i>Аккумулятивные долины равнинных рек</i> с лиственничными лесами на горно-таежных и мерзлотно-таежных почвах	27
елово-лиственничными лесами на буро-таежных и мерзлотно-таежных почвах	28
пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы долинных леса нижнего течения рек на аллювиальных, мерзлотно-таежных оторфованных почвах	29
<i>Эрозионно-аккумулятивные долины горных рек</i> с пойменными лиственными и смешанными лесами, преимущественно тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таежных оторфованных почвах	30
пойменными хвойными и смешанными лесами, преимущественно елово-лиственничные, лиственничные, тополево-чозениевые с примесью ели и лиственницы на аллювиальных, мерзлотно-таежных оторфованных почвах	31

Именно в последних двух типах урочищ локализованы основные отработанные россыпи, они занимают соответственно 57.6 и 24.7 % от площади природных комплексов в пределах описываемой территории.

Как отмечалось ранее, именно на низовом уровне типологического ранжирования территориально-природных комплексов (что соответствует бассейнам рек I–III порядков) возможна корреляция пространственных границ ландшафтных выделов не ниже ранга типов урочищ и бассейновой структуры территории. Это делает возможным объединение этих двух подходов к анализу антропогенного воздействия.

Река Буор является рекой IV порядка (выделение порядков рек проводилось на основе топографической карты в масштабе 1: 100 000). Площадь водосборной поверхности — 353.3 км². Структура речной сети представлена 2 притоками III порядка (Буор-Сала и Терют-Сала), 6 притоками II порядка и 27 притоками I порядка. Средние площади водосборов для рек I порядка — 6.26 км² (диапазон 2–18.32 км²), для II порядка — 38.56 км² (11.51–90.18 км²), III порядка — 95 км² (86.1–103.9 км²).

Анализ пространственного распределения антропогенно-преобразованных природных комплексов показал, что максимальные их площади сосредоточены в пределах бассейнов рек II–III порядков (табл. 3, рис. 2). При этом доля трансформированных территорий в соответствующей категории речных бассейнов относительно небольшая и составляет 1 % для рек II порядка и 1.9 % — рек III порядка.

ТАБЛИЦА 3. Антропогенная трансформация природных комплексов бассейна р. Буор

Порядок реки	Количество рек	Площадь отработанных россыпей		
		км ² / количество отработанных россыпей	% от площади бассейнов	% от площади речных долин / диапазон значений min – max
I	27	0.64 / 4	0.4	12.3 / 34.9 – 100
II	6	2.35 / 6	1	29 / 21.3 – 71.6
III	2	3.54 / 6	1.9	55.3 / 18.5 – 59.9
IV	1	0.89 / 1	0.3	9.5

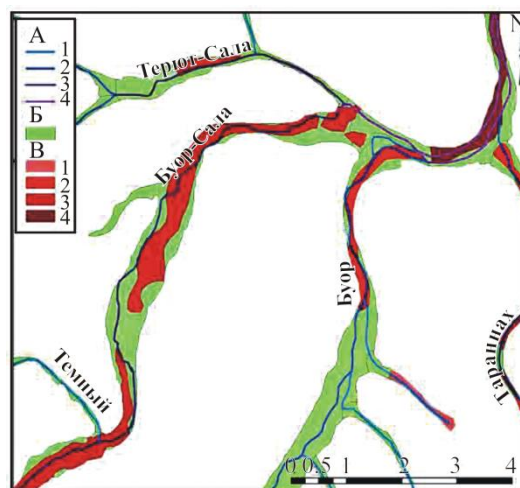


Рис. 2. Карта долин рек различного порядка, преобразованных россыпной золотодобычей (фрагмент): А — порядки рек речной системы р. Буор: 1 — I порядок; 2 — II; 3 — III; 4 — IV; Б — долины рек различного порядка, не затронутые россыпной золотодобычей; В — территории, пройденные россыпной золотодобычей в долинах рек различного порядка: 1 — I порядок; 2 — II; 3 — III; 4 — IV

Совершенно другая ситуация складывается при анализе степени трансформации отдельно взятых природных комплексов в пределах речных бассейнов разных порядков. Так, доля преобразованных геосистем бассейна р. Буор (IV порядок) составляет 0.3 % и одновременно 9.5 % от площади долинных природных комплексов.

Для водотоков III порядка величина нарушенных природных комплексов речных долин возрастает до 59.9 % в пределах р. Буор-Сала и 18.5 % — р. Терют-Сала. При этом степень трансформации геосистем всего бассейна реки составляет лишь 4 и 0.2 % соответственно.

Долины рек II порядка (где россыпи обрабатывались на 3 реках из 6) в среднем преобразованы на 29 %, диапазон значений колеблется от 21.3 до 71 %. Изменения природных территориальных систем в пределах бассейнов этих рек соответствуют 1.3 – 3.2 %.

Еще больший диапазон значений в степени трансформации долинных геосистем наблюдается для рек I порядка: если среднее значение составило 12.3 % (отработаны россыпи в долинах 4 рек из 27), то диапазон значений варьирует от 34.9 до 100 %.

Следует отметить, что природные комплексы речных долин, в первую очередь пойменные, отличаются высокой динамичностью и естественной изменчивостью. Они могут легко менять некоторые элементы своей плановой структуры и без нагрузки со стороны человека. Соответственно перестраиваются и другие элементы ландшафта: почвы и растительный покров.

В целом степень преобразования долинных природных комплексов в процессе отработки россыпей увеличивается по мере уменьшения порядка речного бассейна с 9.5 % (IV порядок) до 35 – 100 % (I порядок). При таком диапазоне о влиянии нагрузки на природные системы следует либо говорить для каждого конкретного случая водотоков низких порядков, либо искать зависимость степени преобразования геосистем водотоков высоких порядков от доли преобразованных геосистем водотоков низких порядков.

Если анализировать экологические последствия золотодобычи в аспекте устойчивости ландшафтов, то исходным положением могут послужить теоретические работы, раскрывающие пределы механической трансформации природных систем, которые не оказывают кардинального влияния на функционирование природных комплексов и их внутриконтентные связи, в геосистемах различных природных зон [17, 18]. К сожалению, на сегодняшний день разработаны количественные критерии оценки устойчивости только для зональных уровней геосистем. С точки зрения многих исследователей, допустимый уровень антропогенного преобразования природных комплексов, при котором сохраняется экологическое равновесие, в зависимости от приуроченности к природной зоне составляет 10 – 70 % [19, 20]. Для сохранения экологического баланса и функционирования ландшафтов северной тайги в естественном состоянии должны оставаться не менее 30 – 40 % природных комплексов [19 – 21]. В [21] определены площади, необходимые для восстановления геосистем до зонального типа для зоны средней тайги — 55 % (равнины), 60 % (горы), для интразональных природных комплексов пойменных лесов — 40 %.

Таким образом, если сравнивать приведенные данные с полученными нами значениями, то для территории бассейнов рек в целом антропогенное преобразование невелико, так же как и для долинных комплексов III – IV порядков. Предельный уровень нарушенности ПС достигнут в долинах рек II порядка, однако эти случаи единичны — порог 60 % превышен на 2 реках из 6. Природные комплексы долин горных рек I – III порядков отличаются высокой естественной динамикой, так как существуют в условиях активной перестройки русел рек и эволюционно адаптированы к быстрому восстановлению. При преобладании механического вида воздействия и высокой степени сохранности природных комплексов в пределах бассейнов разных порядков, процесс ренатурализации нарушенных геосистем идет по зональному типу [1, 4, 8, 9]. Естественное зарастание на территории начинается через 1 – 2 года, и “формирующиеся на нарушенных землях при естествен-

ном зарастании экосистемы являются, как правило, более устойчивыми по сравнению с искусственно созданными при рекультивации посевами трав” [8]. В пределах слабо освоенных регионов Севера и Дальнего Востока страны естественное зарастание преобладает при восстановлении трансформированных земель [1, 8, 22, 23; и др.]. Восстанавливающая растительность имеет “своеобразный видовой состав благодаря большому разнообразию эдафических условий мест произрастания” [23].

ВЫВОДЫ

Влияние отработки россыпных месторождений золота на степень преобразования природных комплексов с ландшафтными позициями является локальным даже на уровне элементарных бассейнов.

Данные динамического зондирования Земли свидетельствуют о нарастании степени преобразования долинных природных комплексов при отработке россыпей по мере уменьшения порядка речного бассейна с 9.5 % (IV порядок) до 35–100 % (I порядок). Высокая степень антропогенного преобразования долин рек низких порядков частично компенсируется эволюционной адаптацией затронутых геосистем к быстрому восстановлению при функционировании в условиях активной перестройки русел рек. Возможности ренатурализации природных систем в пределах описываемой территории не нарушены, о чем свидетельствуют темпы естественного зарастания нарушенных участков. Они обеспечены сохранностью природных ландшафтов в допустимых пределах на участках, прилегающих к горным отводам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирзеханова З. Г., Мирзеханов Г. С., Дебелая И. Д. Техногенные образования россыпных месторождений золота: ресурсно-экологические аспекты отработки. — Хабаровск: ДВО РАН, 2014. — 297 с.
2. Саксин Б. Г. Прогнозная оценка регионального геохимического воздействия на окружающую природную среду добывающих предприятий цветной металлургии в условиях Востока России. — Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2012. — 190 с.
3. Мирзеханова З. Г. Исследования территориальных систем с позиции их устойчивости // Материалы XIV совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. — Владивосток: ТИГ ДВО РАН, Владивосток: Дальнаука, 2011. — С. 40–43.
4. Мирзеханова З. Г. Экологические аспекты организации территории россыпных месторождений золота // Горн. журн. — 2006. — № 8. — С. 84–87.
5. Калабин Г. В., Галченко Ю. Д. Оценка изменений природных систем вследствие техногенных воздействий горнодобывающих предприятий по данным спутниковых измерений // Горн. журн. — 2017. — № 11. — С. 11–116.
6. Глазовская М. А. Методология эколого-геохимической оценки устойчивости почв как компонента ландшафта // Изв. РАН. Сер. Геогр. — 1997. — № 3. — С. 18–29.
7. Зотов С. И. Бассейново-ландшафтная концепция природопользования // Изв. РАН. Сер. Геогр. — 1992. — № 6. — С. 55–65.
8. Капелькина Л. П. О естественном зарастании и рекультивации нарушенных земель Севера // Успехи совр. естествознания. — 2012. — № 11. — С. 98–102.
9. Мирзеханова З. Г., Дебелая И. Д. Опыт составления крупномасштабных экологических карт (на примере россыпного месторождения золота) // Тихоокеан. геология. — 1999. — № 4. — С. 106–113.

10. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии. — М.: ИЛ, 1948. — 159 с.
11. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. — М.: Высш. шк., 1991. — С. 271.
12. **EarthExplorer** | <http://earthexplorer.usgs.gov>.
13. **GloVis** | <http://glovis.usgs.gov>.
14. **TerraLook: Satellite imagery to view a changing world** | <http://terralook.cr.usgs.gov/>.
15. **ArcGIS WorldImagery** | <http://www.arcgis.com/home/>.
16. Калабин Г. В., Моисеенко Т. И., Горный В. И., Крицук С. Г., Соромотин А. В. Спутниковый мониторинг природной среды при открытой разработке Олимпиадинского золоторудного месторождения // ФТПРПИ. — 2013. — № 1. — С. 177–184.
17. Реймерс Н. Ф. Природопользование. — М.: Мысль, 1990. — 637 с.
18. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. — М.: Мысль, 1978. — 296 с.
19. Преловский В. И., Короткий А. М., Пузанова И. Ю., Саболдашев С. А. Бассейновый принцип формирования рекреационных систем Приморья. — Владивосток: ДВО РАН, 1996. — 149 с.
20. Жильцов А. С. Оценка водоохранно-защитной роли лесов Приморского края: метод. рекомендации. — Владивосток, 1989. — 32 с.
21. Рянский Н. Ф. Ландшафтное районирование для целей размещения новых производств в зоне БАМ: препринт. — Владивосток: ДВО РАН СССР, 1989. — 65 с.
22. Космаков В. И. Рекультивация земель, нарушенных разработками месторождений россыпного золота в Красноярском крае, как фактор преобразования ландшафтов // Лесная таксация и лесостроительство. — 2005. — Вып. 1 (34). — С. 175–183.
23. Пугачев А. А., Тихменев Е. А. Восстановление горнопромышленных ландшафтов Крайнего Северо-Востока России // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. — 2007. — № 2. — С. 72–82.

Поступила в редакцию 23/III 2018