

УДК 551.4.01/02

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ ЯРУСОВ РЕЛЬЕФА НА ОСНОВЕ ЕГО ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ХАРАКТЕРА ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЯ

© 2012 г. С.Б. Кузьмин*, С.И. Шаманова**

* *Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск*

** *Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск*

Поступила в редакцию 18.06. 2010 г.

Рассматривается усовершенствованный метод выделения ярусов горного рельефа в районах высокой геодинамической активности на основе анализа цифровых моделей рельефа и набора характерных видов дендрофлоры на примере Западного Прибайкалья. Предлагается неоднородные по простиранию ярусы рельефа подразделять на сегменты. Установлено, что для каждого яруса рельефа и его сегмента в изученном регионе характерен свой типичный набор (композиция) видов древесной растительности: деревьев, кустарников. Эта композиция в дальнейшем может быть использована для дополнительной индикации ярусов рельефа. Предложенный в данной статье метод точнее по сравнению с традиционными методами выделения ярусов рельефа.

Введение. В классической геоморфологической и терминологической литературе под ярусностью рельефа понимается последовательная смена типов рельефа с высотой в горах, обусловленная климатической зональностью (вертикальная ярусность рельефа) или историей развития гор (система поверхностей выравнивания) [6, 38]. Нами в настоящей статье использовано более узкое, имеющее отношение к региональным условиям данного исследования, понятие ярусов рельефа как таких его типичных высотных уровней (поясов), которые различаются своеобразием морфологии земной поверхности и особенностями протекания геоморфологических процессов, а также занимают в районе определенное гипсометрическое положение. В целом в горных странах, аналогичных исследуемому району Приольхонья, в рельефе на основе историко-генетических, структурно-литологических, картографических и дистанционных методов выделяют следующие ярусы (сверху вниз): останцовый, вершинных поверхностей, привершинных склонов, горных отрогов, придолинных склонов, долин. Однако в каждой конкретной геолого-геоморфологической и структурно-геодинамической региональной ситуации ярусность рельефа может выглядеть по-иному [1–4, 7, 9, 11, 19–22, 24–27, 31, 35, 36, 39]: некоторые ярусы могут выпадать, а строение других может

усложняться, и по простиранию в них могут выделяться отличные друг от друга сегменты. Обычно сегментацией ярусов по простиранию пренебрегают, что представляется нам не совсем верным.

Достаточно точное дистанционное выделение и картографирование ярусов рельефа и их сегментация по простиранию имеют большое теоретическое и научно-практическое значение, и в настоящий момент особенно актуально для задач регионального устойчивого развития. Ярусы горного рельефа и их сегменты могут быть положены в основу анализа физико-географических условий определенного региона и дальнейшего синтеза парциальных геосистем [10], т.е. геосистем, рассмотренных в аспекте какого-то одного из составляющих их компонентов (в нашем случае – рельеф и/или дендрофлора), в основу оценки геоморфологической опасности и риска природопользования на локальном и региональном уровнях [17], а также использованы для обоснования и создания реперной сети биологического разнообразия для ведения регионального и локального экологического мониторинга [28, 37]. В плане практического применения можно использовать предлагаемую в данной статье методику при оценке антропогенного воздействия на ландшафты, стадий деградации и/или устой-

чивости локального рельефа, а также дигрессии растительного покрова.

Цель исследования заключается в усовершенствовании дистанционных методов выделения ярусов рельефа, повышения их точности и верифицируемости на примере модельного полигона в Приольхонье в Западном Прибайкалье (Приморский хребет и Приольхонское плато).

Задачи исследования следующие: 1) обосновать используемые методы и объекты исследований; 2) выделить ярусы рельефа на эталонном участке Приольхонья с помощью цифрового моделирования рельефа; 3) верифицировать выделенные ярусы рельефа с помощью проведенных ранее детальных полевых геоморфологических исследований; 4) дать геоморфологическую характеристику ярусов рельефа и их сегментов; 5) проанализировать ландшафтно-геоботанические комплексы на предмет состава их дендрофлоры для каждого яруса и его сегментов; 6) провести сравнительный анализ геоморфологического строения и процессов с составом дендрофлоры для всех ярусов и их сегментов; 7) выделить специфические индикаторы геоморфологического строения и процессов, а также виды-индикаторы дендрофлоры для каждого яруса и его сегментов; 8) обосновать усовершенствованный метод дистанционного выделения ярусов рельефа для создания концепций устойчивого регионального развития на примере Приольхонья.

Методы и объекты исследований. Первоначально ярусы рельефа выделяют с помощью дистанционных методов по топографическим картам, космическим или аэрофотографическим снимкам. Затем на ключевых участках проводится их уточнение в полевых условиях. Мы же предлагаем усовершенствованный, более точный дистанционный метод выделения ярусов рельефа, основанный на использовании его цифровых моделей и характера древесной растительности. Этот метод позволяет не проводить полевой верификации ярусов без потери качества полученных данных, что само по себе весьма ценно, поскольку способствует экономии материальных и трудовых ресурсов. Цифровые модели рельефа мы предлагаем строить по оригинальной методике, разработанной нами ранее [18].

Суть предложенной в [18] методики заключается в следующем. В основу математической обработки топографической (земной) поверхности положены принципы метода пластики рельефа [33]. Он позволяет описывать топографическую поверхность с помощью изолиний высоты, горизонтальной, вертикальной и средней гауссо-

вой кривизны, а также экстремумов кривизны – структурных линий рельефа (водораздел, тальвег, подошва, бровка). В результате генерализация рельефа, заложенная в горизонталях топографических карт, фигурально выделяется и становится приемлемой для морфометрического анализа инвариантной структуры рельефа. Метод основан на геометрическом преобразовании изогипс на основе “метода вторых производных”. Вводится новая картографическая изолиния – плановой и профильной кривизны – морфоизографа, которая соединяет точки перегибов изогипс с одинаковой кривизной (нулевой). Она структурирует земную поверхность путем разделения ее на области дивергенции и конвергенции потоков вещества, создающих системную целостность – потоковые структуры. При этом графически обособляются водоразделы, склоны различной крутизны, экспозиции и протяженности (сегментация). Этот метод сравнительно-географический, поскольку объединяет точки (значения) топографической модели земной поверхности путем группировки по сходству признаков в математически однородные изолинии, изоповерхности, изообъемы.

Рассмотрим предлагаемый нами усовершенствованный метод выделения ярусов рельефа. Для модельной территории были построены цифровые карты рельефа, а затем и его цифровые модели по методике, приведенной ранее. Один из фрагментов цифровой модели приведен на рис. 1. Он и послужил ключевым участком для проведения наших исследований. Цифровая модель рельефа позволяет очень точно выделять пространственные границы ярусов рельефа (поясов в плане). Характер древесной растительности позволяет проводить генетическую привязку ярусов, поскольку для каждого яруса или его сегмента по простирацию характерны свой набор видов древесной растительности и ее проективное покрытие. Естественно, что в зависимости от климатических условий характер дендрофлоры в ярусах будет меняться, поэтому перед началом работ необходимо определить, в каком климатическом поясе (в зональных или интразональных условиях) находится объект.

Территория Приольхонья расположена в Западном Прибайкалье, в Ольхонском районе Иркутской области и ограничивается с юго-востока береговой линией оз. Байкал, а с северо-запада водоразделом Приморского хребта между поселками Бугульдейка и Онгурены. Согласно схеме физико-географического районирования Иркутской области, составленной под руководством профессора В.М. Бояркина, Приольхонье почти полностью входит в состав Косостепско-При-

ольхонского округа, Прибайкальской провинции, Байкальско-Становой горной страны [3]. В морфоструктурном плане Приольхонье занимает водораздел и юго-восточный макросклон Приморского хребта в северо-восточной его половине, полностью Приольхонское плато и разделяющую их Кучелго-Таловскую депрессию.

Исследуемый ключевой участок (рис. 1) располагается в районе залива Мухор, между верховьями р. Кучелга и долиной р. Харга, и включает водораздельные и приводораздельные участки Приморского хребта, его макросклон, фрагменты Кучелго-Таловской депрессии и Приольхонского плато. Его подробное геоморфологическое описание дано в наших предыдущих работах [14–16], а геоботаническое и дендрофлористическое описание можно найти в работах [12, 29, 30]. Выбор именно этого ключевого участка обусловлен его типичным для Приольхонья и всего Западного Прибайкалья физико-географическим строением [8, 23, 32].

Результаты исследований. В общих чертах на исследуемом ключевом участке Приольхонья можно выделить четыре основных яруса рельефа: водораздельный, склоновый, долинный, аквальный. *Водораздельный ярус* представлен полого-увалистыми вершинами и плоским водоразделом Приморского хребта, осложненными останцовыми формами; *склоновый* – пологим макросклоном Приморского хребта, крутым склоном-эскарпом вдоль Приморского разлома, пологим предгорным делювиальным шлейфом, отдельными небольшими склонами на участке Приольхонского плато; *долинный* – редкими террасами, высокой и низкой поймой р.р. Кучелги и Харги; *аквальный* – подводными формами залива Мухор, субаквальными дельтовыми наносами в устье р.р. Кучелга и Харга, волноприбойными косами на мысах, барами в волновой “тени” о. Тойнак (табл. 1).

При детальном рассмотрении на цифровой модели отмечается более сложная картина ярусности рельефа и сегментации ярусов (рис. 1). В целом выделяются 9 ярусов рельефа от водораздела Приморского хребта до уровня озера Байкал в заливе Мухор. При этом IV, VI и VII ярусы рельефа неоднородны по простираанию в плане и в них четко выделяются сегменты. Эти закономерности проявляются и на геоморфологических профилях, построенных нами на изучаемом участке вкрест простираания Приморского хребта как вдоль гребней боковых отрогов, так и вдоль речных долин (собственно, профиль речных долин), спускающихся с Приморского хребта к за-

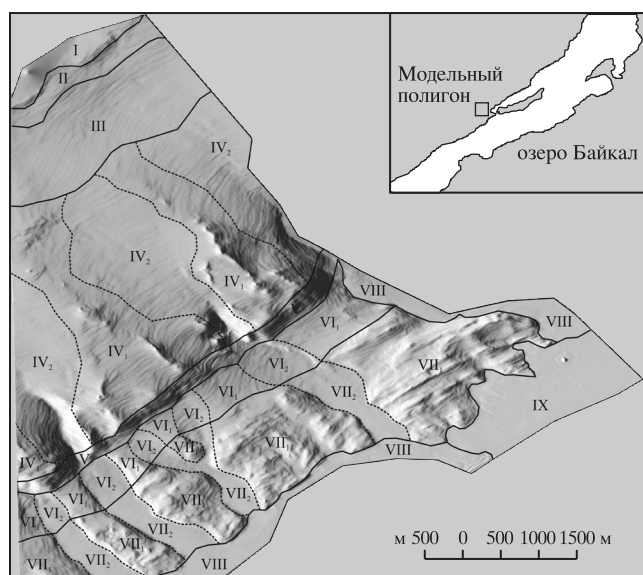


Рис. 1. Ярусы рельефа и его сегменты в Приольхонье (Западное Прибайкалье) на цифровой модели рельефа (фрагмент). I – вершинный гольцовый с останцами и крутыми склонами. II – подгольцовый на пологих склонах. III – приводораздельных пологих склонов. IV – горных отрогов с сегментами: IV₁ – собственно горных отрогов, IV₂ – поперечных долин. V – крутых склонов-эскарпов в зоне активного разлома. VI – внутренних пологоувалистых прогибов в зоне активного разлома с сегментами: VI₁ – возвышенных увалов, VI₂ – долинных понижений. VII – плато с сегментами: VII₁ – собственно плато, VII₂ – поперечных долин. VIII – речных долин. IX – аквальный.

ливу Мухор и долине реки Кучелга (рис. 2). Ниже приведем краткое геоморфологическое описание и некоторые морфометрические показатели выделенных ярусов рельефа и их сегментов.

I – вершинный гольцовый с пологими или субгоризонтальными водоразделами и венчающих их останцами и их крутыми склонами – это водораздельная часть Приморского хребта. Рельеф в целом полого-холмисто-увалистый и представляет собой остатки древней мел-палеогеновой поверхности выравнивания. Встречающиеся редкие невысокие (не более 2–3 м) обособленные останцы, сложенные главным образом гранитами рапакиви. Граница яруса выражена в виде крутых невысоких склонов (30–50 м), расположенных при переходе к ярусу II.

II – подгольцовый на пологих склонах. Для него характерно наличие большого количества курумов, каменных “потоков” и каменных россыпей из крупных глыб. Осадочный материал поставляется главным образом из нивальных ниш, расположенных под крутыми склонами при переходе к I ярусу. Определенное количество каменного материала формируется на месте выхода скальных пород (элювий).

Таблица 1. Соотношение ярусов рельефа, их геоморфологических характеристик и видов дендрофлоры

№№ на рис. 1	Ярусы рельефа и их сегменты	Морфология рельефа	Высотные интервалы	Геоморфологические процессы	Доминирующие виды дендрофлоры	Прок- тивное покрытие
I	вершинный гольцовый	останцы с крутыми склонами, субгоризонтальные водораздельные поверхности, пологие склоны	1650–1300 м	морозобойное растрескивание и гравитационное отторжение горных пород, формирование элювиальных покровов, десерпция	береза круглолистная (<i>Betula nana</i> subsp. <i>rotundifolia</i> L.), шикша черная (<i>Empetrum nigrum</i> L.)	< 1%
II	подгольцовый	крутые склоны при переходе к вышележащему ярусу, ниже – пологие склоны	1300–1200 м	криогенные процессы на крутых склонах и формирование у их подножия лент коллювия, образование курумов, десерпция	кедровый стланник (<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel), можжевельник обыкновенный (<i>Juniperus communis</i> L.), голубика обыкновенная (<i>Vaccinium uliginosum</i> L. s. str.), смородина душистая (<i>Ribes fragrans</i> Pall.), багульник болотный (<i>Ledum palustre</i> L. s. str.)	50–60%
III	приводораздельный	пологие склоны	1200–900 м	медленное смещение делювиального материала	сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour), пихта сибирская (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.), можжевельник обыкновенный (<i>Juniperus communis</i> L.), багульник болотный (<i>Ledum palustre</i> L. s. str.), брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. s. str.)	90–100%
IV IV ₁	горных отрогов собственно горных отрогов	крутые склоны со скальными выходами и обрывами	1250–800 м	обвалы, осыпи, вынос рыхлого материала по деллям, плоскостная эрозия	сосна сибирская (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour), сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), ива копыевидная (<i>Salix hastata</i> L.), жимолость Палласа (<i>Lonicera pallasii</i> Ledeb.), лилейная северная (<i>Linnaea borealis</i> L.)	70–80%
IV ₂	поперечных долин	V-образные долины с галечно-валунным аллювием	900–600 м	русловая и боковая эрозия	сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.), ель сибирская (<i>Picea obovata</i> Ledeb.), ива енисейская (<i>Salix jenisseensis</i> (Fr.Schmidt) B.Floder.), ива крупнолистная (<i>Salix rhannifolia</i> Pall. s. str.), смородина черная (<i>Ribes nigrum</i> L.), кизильник черноплодный (<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt), таволга средняя (<i>Spiraea media</i> Franz Schmidt)	80–90%
V	эскарпов в зоне активного разлома	крутые склоны и эскарпы с редкими скальными выходами и обрывами	1100–600 м	склоновые гравитационные процессы, вынос пролювиального и делювиального материала	сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	1–5%
VI	внутренних пологоувалистых прогибов в зоне активного разлома					

Таблица 1 (окончание)

№№ на рис. 1	Ярусы рельефа и их сегменты	Морфология рельефа	Высотные интервалы	Геоморфологические процессы	Доминирующие виды дендрофлоры	Проектное покрытие
VI ₁	возвышенных увалов	субгоризонтальные поверхности с переходом к пологим склонам	700–550 м	медленное смещение делювиального материала, десерпция	сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), редкоolistvennitsa сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.), ольховник кустарниковый (<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar), рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i> L.)	30–40%
VI ₂	долинных понижений	пологие склоны с переходом к субгоризонтальным поверхностям впадин	550–500 м	десерпция, частичная аккумуляция рыхлого материала	сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), смородина таранушка (<i>Ribes diacantha</i> Pall.), пятилистник кустарниковый (<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz), брусника обыкновенная (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L. s. str.)	50–60%
VII VII ₁	Плато собственно плато	холмисто увалистый ложинно-западинный рельеф с невысокими гребнями и останцами	700–500 м	смещение делювиального и пролювиального рыхлого материала, значительная линейная донная эрозия, аккумуляция в замкнутых западинах и котловинах	лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.), редко сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i> L.), таволга средняя (<i>Spiraea media</i> Franz Schmidt)	70–80% на северных склонах, 20–30% на южных
VII ₂	поперечных долин	субгоризонтальные поверхности поймы	550–500 м	русловая и частично боковая эрозия, аккумуляция рыхлого материала на пойме	сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.), лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.), ива Бэбба (<i>Salix bebbiana</i> Sarg.), смородина черная (<i>Ribes nigrum</i> L.), пятилистник кустарниковый (<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz)	60–70%
VIII	речных долин	субгоризонтальные поверхности поймы, невысокие узкие надпойменные террасы	500–450 м	русловая эрозия, аккумуляция рыхлого материала на пойме и надпойменных террасах	тополь дрожащий (<i>Populus tremula</i> L.), береза белая (<i>Betula alba</i> L.), ива шерстистопобеговая (<i>Salix dasyclados</i> Wimm.), ива грушанколистная (<i>Salix pyrolifolia</i> Ledeb.), ива Коха (<i>Salix kochiana</i> Trautv.), береза кустарниковая (<i>Betula fruticosa</i> Pall. s. str.), малина сахалинская (<i>Rubus sachalinensis</i> Lvl.), смородина колосистая (<i>Ribes spicatum</i> Robson s. str.), таволга извилистая (<i>Spiraea flexuosa</i> Fisch. ex Cambess.)	30–40%
IX	аквальный	дельтовые конусы, вдольбереговые косы, бары	450–440 м	субаквальная и аквальная аккумуляция рыхлого материала	луговая растительность, редко ива ложнопятичленная (<i>Salix pseudopentandra</i> (B.Floder.) B.Floder.), ольховник кустарниковый (<i>Duschekia fruticosa</i> (Rupr.) Pouzar)	1–5%

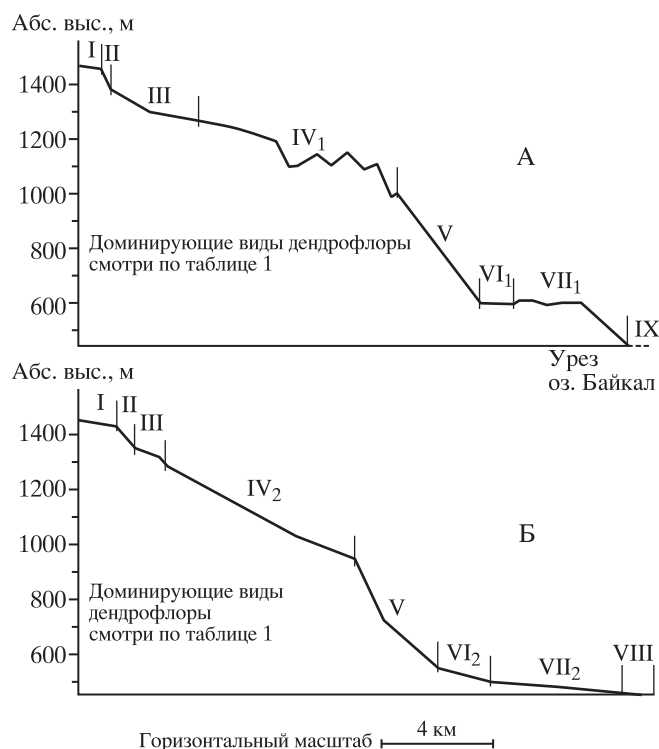


Рис. 2. Примеры геоморфологических профилей вкост простирания Приморского хребта вдоль гребней боковых отрогов (А) и вдоль речных долин (Б).

Римские цифры соответствуют ярусам рельефа и их сегментам, представленным на рис. 1. Доминирующие виды дендрофлоры для ярусов рельефа и их сегментов представлены в табл. 1.

III – приводораздельных пологих склонов. Рельеф достаточно ровный, с углами наклона от 2° до 5° , без резких перепадов, полого понижается к юго-востоку. Здесь расположены истоки рек и ручьев, стекающих с Приморского хребта в долину р. Кучелга.

IV – горных отрогов, неоднороден и включает сегменты: IV₁ – собственно горных отрогов Приморского хребта, которые в осевой части представлены скальными обнажениями, гребнями и останцами высотой до 50–60 м, а в периферийной части крутыми склонами, осложненными небольшими (до 5–6 м) уступами, западинами и рвами, делями; IV₂ – поперечных долин, которые берут начало в ярусе III и спускаются вниз перпендикулярно Приморскому хребту; здесь господствуют крутые склоны и скальные обрывы высотой до 100–150 м, а сами реки характеризуются активным живым потоком, а их долины глубоко врезаны (перепад высот до 500–600 м) и выстланы валунно-галечным аллювием.

V – крутых склонов-эскарпов в зоне активного Приморского разлома – это собственно основная

плоскость скольжения Приморского разлома (в позднем кайнозое – сброс). Здесь граничит поднятое крыло разлома (Приморский хребет и его отроги) и опущенное крыло разлома (Приольхонское плато). Угол наклона эскарпа достигает 50 – 60° .

VI – внутренних пологоувалистых прогибов в зоне активного Приморского разлома неоднороден и включает сегменты: VI₁ – возвышенных увалов – по простиранию яруса это междолинные поднятия, рельеф которых вкост простирания практически ровный, со слабым (1 – 2°) наклоном к юго-востоку, а вдоль простирания – пологоувалистый, с углами наклона не более 3 – 5° ; VI₂ – долинных понижений – по простиранию яруса рельеф практически ровный, вкост простирания имеет слабый наклон (1 – 2°) к юго-востоку; это собственно продолжение речных долин из яруса IV.

VII – плато; также неоднороден и включает сегменты: VII₁ – собственно плато – северо-западный край Приольхонского плато, который в данном районе отделен от основного массива плато, лежащего юго-восточнее, долиной р. Кучелги; рельеф представляет собой сочетание невысоких (в основном 20–30 м, иногда до 100 м) гребней, вытянутых с юго-запада на северо-восток, и понижений между ними; вершины гребней представлены скальными обнажениями и останцами высотой до 5–6 м; рельеф межгребневых понижений ровный, увалистый с небольшими уклонами (максимум до 5°) к юго-западу и северо-востоку; часто встречаются внутренние замкнутые бессточные котловины или котловины, уже имеющие временный сток; VII₂ – поперечных долин – продолжение речных долин из ярусов IV и VI; рельеф долин ровный со слабым уклоном (1 – 2°) к юго-востоку; долины заполнены рыхлым аллювиальным материалом, часто встречаются пролювиальные конусы выноса; борта долин представлены в основном склонами средней крутизны, но иногда – крутыми, до 50 – 60° .

VIII – речных долин, ярус относительно крупных долин рек, стекающих с Приморского хребта (р. Харга) или пересекающих его (р. Сарма), либо вытянутых вдоль его подножия (р. Кучелга). Рельеф речных долин на ключевом участке ровный, практически горизонтальный, с очень слабым наклоном в сторону залива Мухор и пролива Малое Море. Террасовые комплексы в долинах VIII яруса узкие, выделяются очень редко в связи с активными современными геодинамическими процессами. Отчетливо можно выделить только низкую и высокую поймы, которые практически сразу переходят в склоны по бортам речных долин.

IX – аквальный; субаквальный и подводный рельеф залива Мухор и пролива Малое Море, а также прибрежные аккумулятивные формы, такие как косы, бары и т.п. Сюда же входят земли периодического затопления (в основном в устьях рек) в результате нагонных явлений в заливах Малого Моря в периоды устойчивых сильных сезонных ветров.

В целом на рассматриваемом ключевом участке Приольхонья отчетливо выражены три ландшафтно-геоботанических комплекса: высокогорный, лесной и степной. На северо-западе района, где преобладает наиболее возвышенный рельеф – водоразделы Приморского хребта, хорошо представлены гольцовые и подгольцовые ландшафты. На гольцах распространены кустарничково-мохово-лишайниковые тундры. В подгольцовом ярусе хорошо выражены кедровостланиковые и ерниковые заросли. Ерниковые заросли из березы круглолистной наиболее часто образуют сообщества с мохово-лишайниковым и сфагновым покровом, реже – с травяным покровом. Ниже по склонам их сменяют темнохвойные леса из кедра и пихты (чернично-травяно-зеленомошные) и из березы и осины на бывших гарях и вырубках. В предгорьях Приморского хребта и на северных склонах Приольхонского плато произрастают бореальные горно-таежные байкало-джугджурские сосново-лиственничные и лиственничные леса: бруснично-багульниковые, рододендроновые и разнотравно-остепненные. Для южных склонов, котловин и сухих долин Приольхонского плато характерны степные ландшафты, которые представлены центрально-азиатскими горными западно-забайкальскими даурского типа настоящими (типчаковые, мятликовые, ковыльно-житняковые) и литофильными степями. По долинам указанных выше рек хорошо выражены кустарниковые степные сообщества из таволги средней, кизильника черноплодного в сочетании с разнотравно-полынно-злаковыми степями. Степные ландшафты развиты также на крутом склоне-эскарпе Приморского разлома.

Такая специфика высотно-поясной ландшафтной структуры обусловлена проявлением барьерно-теневого, аридно-котловинного и подгорного эффектов, осложненных влиянием водной массы Байкала, и характерна в целом для всего Приольхонья [23]. В результате таких специфических физико-географических условий в регионе формируется сочетание контрастных по природным условиям ландшафтов: северо-азиатских восточно-сибирских гольцовых (подгольцовых) и таежных светлохвойных, южно-сибирских таежных темнохвойных и степных. Главная же осо-

бенность современной ландшафтной структуры Приольхонья состоит во взаимопроникновении и тесном взаимодействии горно-таежных и горно-степных ландшафтов, в сочетании горно-таежных светлохвойных, подгорных лиственничных остепненных и горно-степных ландшафтов [8, 32], поэтому для изучения характера дендрофлоры на ключевом участке необходим более детальный анализ.

Такой анализ возможен для выделенных нами ярусов рельефа и их сегментов, которым присуща детальная картина состава древесной растительности, свой индивидуальный набор (комплекс) видов дендрофлоры. Понятие дендрофлоры (или арборифлоры) взято нами из работ И.Ю. Коропачинского [13]. В ее состав он включал следующие группы древесных растений: деревья, кустарники, полукустарники или кустарнички и лианы [13]. В исследуемом нами регионе встречаются представители трех первых групп.

Именно это сочетание или комплекс доминирующих видов древесной растительности в дальнейшем будет индикатором конкретного яруса рельефа или его сегмента (см. табл. 1). Рассмотрим характер дендрофлоры по каждому из выделенных ярусов рельефа и их сегментам.

I ярус – это типичная горная тундра, где развиты карликовые формы древесной растительности и высокогорные виды кустарничков. Изредка на гольцах, в западинах водораздельного рельефа или под останцами встречаются ивы: прямосережчатая (*Salix rectijulis* Ledeb. ex Trautv.) и черничная (*Salix myrtilloides* L. s. str.), таволга альпийская (*Spiraea alpina* Pall.), а также пятна ерников из березы кустарниковой¹. В седловинах между гольцами повсеместно отмечаются верховые сфагновые болота.

II ярус представлен главным образом зарослями кедрового стланика. На курумах, каменных развалах и прогалинах между ними с более тонкодисперсным осадочным материалом распространены кустарники голубики, смородины, можжевельника. На заболоченных местоположениях нередко встречается багульник болотный, клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.), а также единично или небольшими группами – ель сибирская.

III ярус представлен влажным, достаточно плотно сомкнутым кедрово-пихтовым лесом, в подлеске которого развиты главным образом багульник болотный и брусника обыкновенная. На редких прогалинах (бывших гарях и выруб-

¹ Если латинские названия видов растительности отсутствуют, то смотри их в табл. 1.

ках) возможна встреча мелколиственных пород деревьев (осины, березы), а из кустарников – можжевельника и смородины, изредка и кустарничков – брусники и черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.).

IV ярус, как уже отмечалось, неоднороден и состоит из двух сегментов. IV₁ сегмент в дендрофлоре представлен в основном кедром с примесью сосны; на обнаженных участках, под гребнями и останцами произрастают ивы Крылова (*Salix krylovii* E. Wolf) и скальная (*Salix saxatilis* Turcz. ex Ledeb.), из кустарников доминирует жимолость, можно встретить колосистую и черную смородину, а из кустарничков – линею северную, голубику и бруснику. В IV₂ сегменте преобладает сосна обыкновенная, но к ней уже примешивается значительное количество лиственницы, а за счет высокого увлажнения на относительно пологих местоположениях встречаются заросли ели сибирской; собственно к руслам рек тяготеют различные виды ив (енисейская, крушинолистная, Бэбба), а также водолюбивые кустарники, такие как бузина сибирская (*Sambucus sibirica* Nakai), смородина черная, шиповник иглистый и таволга извилистая; кустарнички представлены в основном черникой.

V ярус характеризуется практически отсутствием древесной растительности, поскольку угол наклона эскарпа (склона Приморского хребта) местами достигает 60°. В таких условиях закрепиться в сыпучем грунте удастся только соснам, которые представлены здесь низкорослыми формами (преимущественно 3–4 м). Сосны, выросшие до 8–10 м, в основном падают под воздействием сильных ветров или активного смещения грунта по склону. В связи с такими критическими условиями роста сосны на эскарпе начинают плодоносить уже на 7–8 год. В подножии склона-эскарпа встречаются редкие западины рельефа с практически горизонтальной поверхностью – остатки древних долинных уровней, где сосны растут достаточно плотно и имеют нормальную физиологию (высота до 15 м).

VI ярус неоднороден и включает два сегмента. VI₁ сегмент представлен в основном сосной обыкновенной с примесью лиственницы сибирской; в связи с относительно сухими условиями произрастания в подлеске развиты ольховник кустарниковый и рододендрон даурский, из кустарничков возможны поросли брусники. В VI₂ сегменте доминирует сосна обыкновенная; в основном лесу в подлеске развиты смородина и пятилистник кустарниковый; брусника образует уже достаточно обширные заросли.

VII ярус также неоднороден и объединяет два сегмента. VII₁ сегмент представлен главным образом зарослями лиственницы сибирской с примесью сосны обыкновенной и редко с примесью в подросте – кедра; в подлеске доминируют такие кустарники, как рододендрон даурский и таволга средняя; склоны разной экспозиции на Приольхонском плато сильно различаются по характеру древесной растительности: северо-западные склоны практически полностью, за редким исключением, покрыты лиственным лесом, а юго-восточные склоны либо совсем безлесны, либо покрыты молодым (высота деревьев не более 3–4 м) редкостойным, очень разреженным лиственничником². Из кустарников здесь возможна встреча караганы карликовой (*Caragana pygmaea*). Для VII₂ сегмента характерно доминирование в лесных массивах сосны обыкновенной с примесью лиственницы сибирской; в таких лесах в подлеске преобладает пятилистник кустарниковый, а вдоль русел рек и под крутыми придолинными склонами развиты ивы (шерстистопобеговая, грушанколистная, Бэбба) и кусты колосистой и черной смородины.

VIII ярус представлен типичной пойменно-долинной растительностью, распространенной в Западном Прибайкалье. На высокой пойме и редких фрагментах надпойменных структурных террас доминируют перелески из мелколиственных пород: осины (тополь дрожащий) и березы белой, в подлеске которых встречаются бузина и ольховник. На низкой пойме и прирусловой части рек преобладают ивы (Коха, грушанколистная, шерстистопобеговая и др.), встречается береза повислая, ерниковые заросли из березы кустарниковой, кусты черной и колосистой смородины, малины, таволги.

IX ярус представлен прибрежной растительностью, преимущественно луговой, но отмечаются и представители дендрофлоры, например, такие как ива ложнопятитычинковая и ольховник кустарниковый. Местами встречаются и другие виды ив и кустарников.

Заключение. В заключение сделаем несколько выводов из проведенных нами исследований. 1) Усовершенствован дистанционный метод выделения ярусов рельефа на основе его цифровых моделей и характера дендрофлоры на примере Приморского хребта и Приольхонского плато (Приольхонье, Западное Прибайкалье). 2) В яру-

² Еще 20–25 лет назад юго-восточные склоны Приольхонского плато были практически полностью безлесны, но в связи с изменением глобального и регионального климата на этих склонах появилась молодая поросль лиственницы сибирской. Более подробно этот вопрос рассмотрен в [34].

сах рельефа на исследуемой территории предложено выделять сегменты в тех случаях, когда строение рельефа по простираению яруса достаточно неоднородно. 3) Цифровые модели рельефа, построенные по методике, предложенной нами ранее [17], более точно отражают геоморфологическое строение региона по сравнению с топографическими картами, космическими и аэрофотографическими снимками. 4) Для каждого яруса рельефа или его сегмента характерен свой индивидуальный набор или комплекс видов дендрофлоры – деревьев, кустарников, кустарничков, и этот комплекс можно использовать в качестве дополнительного индикатора того или иного яруса рельефа или его сегмента. 5) Совместное использование при выделении ярусов рельефа и их сегментов цифровых моделей рельефа (геоморфологические данные) и типичных комплексов дендрофлоры (геоботанические данные) позволяет существенно повысить точность дистанционных методов для района исследований и, следовательно, в значительной мере исключить затраты времени и средств на проведение полевых работ.

Предложенную усовершенствованную методику выделения ярусности рельефа можно использовать и для других геолого-геоморфологических и климатических условий, основываясь на анализе модельных полигонов. Это определяет актуальность и перспективность дальнейших работ в этом направлении с определенной вариацией пространственного уровня. В итоге можно использовать результаты проведенных работ, в том числе и для оценки опасных геоморфологических процессов, ресурсов рельефа и характера древесной растительности для развития рекреационных отраслей хозяйства в Приольхонье и в целом Западном Прибайкалье для создания региональных концепций устойчивого развития территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агатова А.Р.* Крупномасштабное картографирование рельефа горных стран (на примере Алтая) // *Геоморфология*. 2003. № 2. С. 48–60.
2. Атлас. Иркутская область. Экологические условия развития. Иркутск, 2004.
3. *Воскресенский С.С.* Геоморфология СССР. М.: Высш. шк., 1968. 368 с.
4. *Выркин В.Б.* Современное экзогенное рельефообразование котловин Байкальского типа. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 1998. 175 с.
5. География Иркутской области. Физико-географическое районирование. Вып. 3. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1973. 328 с.
6. Глоссарий географических терминов и понятий. www.geo-tour.net.
7. *Горелов С.К., Граве М.К., Козлова А.Е.* и др. Карта современных геоморфологических процессов СССР // *Геоморфология*. 1990. № 1. С. 4–14.
8. *Данько Л.В., Кузьмин С.Б., Снытко В.А.* Байкальские прибрежные геосистемы и их ландшафтно-геохимическая структура // *География и природные ресурсы*. 2000. № 3. С. 45–51.
9. *Золотарев А.Г.* Геоморфологическое районирование Иркутской области // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Иркутской области*. Иркутск, 1962. Вып. 31.
10. *Исаченко А.Г.* Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004. 396 с.
11. Карта неотектоники Прибайкалья и Забайкалья. Масштаб 1 : 2 500 000 / Под ред. Н.А. Логачева. Иркутск. 1982.
12. *Касьянова Л.Н.* Экология растений Прибайкалья. М.: Наука, 2004. 288 с.
13. *Коропачинский И.Ю.* Древесные растения Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 384 с.
14. *Кузьмин С.Б.* Геоморфология зоны Приморского разлома (Западное Прибайкалье) // *Геоморфология*. 1995. № 4. С. 53–61.
15. *Кузьмин С.Б.* Инженерно-экологическая оценка рельефа Приольхонья в рекреационно-туристических целях // *Инженерная экология*. 2002. № 6. С. 41–53.
16. *Кузьмин С.Б.* Геоэкологический анализ рельефа. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2004. 182 с.
17. *Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и риск природопользования. Новосибирск: ГЕО, 2009. 195 с.
18. *Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Черкашин Е.А., Осипов Э.Ю.* Цифровые модели пластика рельефа: методика построения и возможности использования при геоморфологическом анализе // *Геоморфология*. 2007. № 4. С. 33–41.
19. *Ласточкин А.Н.* Рельеф земной поверхности. Л.: Недра, 1991. 240 с.
20. *Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А.* Региональные карты природных и природно-техногенных опасностей и карты геоморфологического риска // *Прикладная геоэкология*. М.: ИЛСАН, 1999. Вып. 3. С. 150–154.
21. *Лопатин Д.В., Скочитина Т.М.* Ярусное строение рельефа Приольхонья и о. Ольхон в геоморфологической структуре Западного Прибайкалья // *Геоморфология*. 2008. № 4. С. 83–91.
22. *Мещеряков Ю.А.* Рельеф СССР. М.: Мысль, 1972. 519 с.
23. *Михеев В.С.* Ландшафтно-структурный анализ // *Человек у Байкала: экологический анализ среды обитания*. Новосибирск: Наука, 1993. С. 8–39.

24. Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974. 360 с.
25. Неотектоника. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Новосибирск: Наука, 1984. 208 с.
26. *Осинцева Н.В.* Геоморфологическое картографирование. Томск: Изд-во Дельтаплан, 2004. 84 с.
27. *Пириев Р.Х.* Методы морфометрического анализа рельефа. Баку: Элм, 1986. 117 с.
28. *Плешанов А.С., Шаманова С.И.* Формализованный метод выбора реперной сети для контроля разнообразия лесных экосистем // Сиб. экол. журн. 2003. № 6. С. 713–719.
29. *Сизых А.П.* Динамика таежно-степных сообществ западного побережья озера Байкал // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 6. С. 86–93.
30. *Сизых А.П., Кузьмин В.А., Воронин В.И.* Биогеоценотические аспекты формирования таежно-степных сообществ западного побережья озера Байкал / Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 1. С. 107–115.
31. *Симонов Ю.Г.* Морфометрический анализ рельефа. Смоленск, 1998. 271 с.
32. *Снытко В.А., Данько Л.В., Кузьмин С.Б., Сизых А.П.* Разнообразие геосистем контакта тайги и степи западного побережья Байкала // География и природные ресурсы. 2001. № 2. С. 61–68.
33. *Степанов И.Н., Абдуназаров У.К., Брынских М.Н.* и др. Временная методика по составлению карт пластики рельефа крупного и среднего масштаба. Методические рекомендации. Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983. 112 с.
34. Структура, функционирование и эволюция горных ландшафтов Западного Прибайкалья. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2005. 124 с.
35. *Уфимцев Г.Ф., Кулагина Н.В., Щетников А.А.* и др. Древние долины западного побережья Среднего Байкала // Геология и геофизика. 2000. № 7. С. 983–989.
36. *Флоренсов Н.А.* Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 238 с.
37. *Шаманова С.И., Плешанов А.С.* Натурная верификация формализованного построения реперной сети для ведения биологического мониторинга крупных регионов // Сиб. экологич. журн. 2007. № 2. С. 257–261.
38. *Щукин И.С.* Общая геоморфология. Т.1. М.: Изд-во МГУ, 1960. 615 с.
39. *Якименко Э.Л.* Морфометрия рельефа и геология. Новосибирск: Наука, 1990. 201 с.

A preparing Technique in due to Distinguish the Topography Layers on the Base of Digital Relief Models and Dendroflora's Character as exemplified to Western Prebaikal Region

S.B. Kuzmin*, S.I. Shamanova**

* *Institute of Geography, RAS Siberian Branch*

** *Institute of Physiology and Biochemistry of Plants, RAS Siberian Branch*

It has been considering a preparing technique in due to distinguish the mountain topography layers in regions of high geodynamic activity of the Earth's crust on the base of analysis of the digital relief models and on the set (composition) of characteristic dendroflora species as exemplified to Western Prebaikal Region (model polygon in Preolkhon Region). It is used the original technique of constructing digital relief models, basing on the principles of the method of relief plastic. The digital relief model can accurately provide the spatial boundaries of topography layers. With the above technique, four topography layers of relief of Preolkhon Region (West Prebaikal Region) have been determined: the watershed, slope, valley and aquatic. The character of dendroflora allows supplying the genetic connection layers. It is propose to divide some heterogeneous on the stretching topography layers on the elongated segments. It was established that typical set (composition) of dendroflora species (trees, bush, and small bush) is characteristic for each specific topography layer and its segment in study area of Preolkhon Region. This composition has been used for additional indication of topography layers subsequently. The proposed technique is more precise in comparison with traditional techniques in due to distinguish the topography layers.